Billings

Abhandlungen aus dem Gebiete der

Psychotherapie und medizinischen Psychologie

Herausgegeben von

Dr. Albert Moll in Berlin

2. Heft

Sonderstellung gewisser Farbtöne und Heilbehandlung von Farbenschwäche

Experimental-deskriptiv-psychologische Untersuchung über generelle und exzeptionelle Qualitäten und Attribute von Farben, zur Grundlegung einer Psychohygiene und Psychotherapie der Farbenschwäche

Von

Benno Kern und **Fritz Schöne**

Aus der psychologischen Seminarabteilung der Westfälischen Wilhelms-Universität unter Leitung von Professor Dr. phil. et med. ***Richard Hellmuth Goldschmidt***

Mit 21 Textabbildungen und 1 Kurventafel



VERLAG VON FERDINAND ENKE IN STUTTGART

1925

Printed in Germany

Abhandlungen aus dem Gebiete der

Psychotherapie und medizinischen Psychologie

Herausgegeben von

Dr. Albert Moll in Berlin

2. Heft

Sonderstellung gewisser Farbtöne und Heilbehandlung von Farbenschwäche

Experimental-deskriptiv-psychologische Untersuchung über generelle und exzeptionelle Qualitäten und Attribute von Farben, zur Grundlegung einer Psychohygiene und Psychotherapie der Farbenschwäche

Von

Benno Kern und **Fritz Schöne**

Aus der psychologischen Seminarabteilung der Westfälischen Wilhelms-Universität unter Leitung von Professor Dr. phil. et med. ***Richard Hellmuth Goldschmidt***

Mit 21 Textabbildungen und 1 Kurventafel



VERLAG VON FERDINAND ENKE IN STUTTGART

1925

Hoffmannsche Buchdruckerei Felix Krais, Stuttgart

Vorwort.

Uebungstherapeutische Versuche von R. H. Goldschmidt führten zu einem Verfahren, durch das sich in einem besonderen Fall Beeinträchtigungen in der Leistung der Farbenunterscheidung hatten beheben lassen. Die ausserordentlich große praktische Bedeutung der Farbenschwäche ist allgemein bekannt. Aus der jüngsten Vergangenheit braucht nur auf das Herner Eisenbahnunglück verwiesen werden, wo bei der Diskussion der Ursachen auch die Möglichkeit einer Farbenunsicherheit des Lokomotivführers eine Rolle gespielt hat. Es ist deshalb dringliche Aufgabe, festzustellen, mit welchem Nutzen das von Goldschmidt gefundene Verfahren bei Farbensinnstörungen anwendbar ist.

Wie schon in seinen Untersuchungen hervorgehoben war, ist zu Feststellungen hierüber eine allgemeine Kenntnis von dem Wesen der farbigen Eindrücke überhaupt, insbesondere der Hauptfarben, erforderlich. Im Anschluss an eine Erörterung der Fragestellung nach einer Heilbehandlung von Farbenschwäche soll deshalb eine Untersuchung über die Sonderstellung gewisser Farbtöne folgen und damit die erforderliche Orientierung über das Wesen der farbigen Eindrücke geboten werden. Diese theoretischen (hauptsächlich klein gedruckten, orientierenden) Erörterungen sind experimental-deskriptiv-psychologischer Art, verwenden also die Methode, die Goldschmidt in seiner hier zugrunde liegenden Arbeit über „exemplarische, subjektive, optische Phänomene" benutzt und die er in seinen Untersuchungen zur „Logik der experimental-deskriptiven Psychologie" erörtert hat. Darauf kann dann die Darstellung fußen, die durch experimentalpsychologische Deskription ein vertieftes Verständnis für das Wesen der Farbenschwäche, sowie Erfahrungen über die Möglichkeit ihrer Heilbehandlung bieten will.

Inhaltsübersicht

Uebungstherapie der Farbenschwäche.

In seiner Abhandlung über „Uebungstherapeutische Versuche zur Steigerung der Farbentüchtigkeit eines anomalen Trichromaten“[1]) gibt R. H. Goldschmidt eine Uebersicht über ältere Versuche, die Uebungstherapie in der ophthalmologischen Praxis anzuwenden. Es fehlte diesen älteren Versuchen hauptsächlich ausreichende Differenzierung und genügende Zahl der Versuchsreihen; die älteren Daten sind ungenügend zur Beurteilung eines Vorkommens von Uebungsphänomenen bei Farbsehstörungen.

Die Abhandlung erwähnt weiter die übungstherapeutischen Erfolge in der Ausbildung des Farbensinnes, die auf indirektem Wege Kroll beizubringen sucht. Er hat unter Einwohnern von Krefeld, meist Färbern und Seidenwebern, nur 0,3% farbenblinde Männer gefunden, während sonst die Farbenblindheit unter den Männern 3% zu betreffen pflege. Kroll führt die Farbentüchtigkeit der Färber auf ihre Uebung im Farbenunterscheiden zurück. Kroll glaubt, „dass nach Bildung des Farbensinns in den Schulen der Indifferentismus der meisten Männer gegen Farben allmählich schwinden und nach Generationen auf dem Wege der Vererbung für diese wahrscheinlich ein ebenso geringer Prozentsatz rücksichtlich der Farbenblindheit erzielt werden wird, wie er bei den sich von Jugend auf für Farbenharmonie interessierenden Frauen besteht“[2]).

Dieser hohen Einschätzung der Erfolge der Ausbildung des Farbensinns wird die Aeusserung C. A. Hegeners gegenübergestellt:

„Eine solche Annahme widerspricht ... den meisten heutigen Anschauungen über die Prognose der angeborenen Farbenschwäche und Farbenblindheit. Im allgemeinen gilt es als unumstössliche Regel, dass eine kongenitale Farbensinnstörung höchstens etwas weniger manifest werden könne dadurch, dass die Patienten allmählich lernen, auf feine Helligkeitsunterschiede zu achten, dass die tägliche Erfahrung in bezug auf die Bezeichnung farbiger Gegenstände ihnen eine gewisse, oft sehr beachtenswerte Sicherheit in der Unterscheidung von verschiedenen Farbeneffekten gibt. Die Möglichkeit einer wirklichen Besserung der Farbenschwäche oder der Farbenblindheit oder gar einer völligen Heilung derselben wird im allgemeinen von der Hand gewiesen. Tatsächlich lehrt auch die Erfahrung, dass in der Regel der Farbenuntüchtige seinen Defekt bis an sein Lebensende unverändert behält“[3]).

---

[1]) Ztschr. f. Sinnesphysiologie 1919, Bd. 50, S. 192.

[2]) W. Kroll, Ueber die günstigen Erfolge der Ausbildung des Farbensinns. Zentralblatt für prakt. Augenheilkunde, 6. Jahrg., Leipzig 1882, S. 357.

[3]) C. A. Hegener, Ueber angeborene einseitige Störungen des Farbensinns. Ztschr. f. Sinnesphysiologie, Bd. 49, Leipzig 1914, S. 18/28.

Nach R. H. Goldschmidt lässt sich die Frage der übungstherapeutischen Erfolge bei „Farbensinnstörungen“ erst nach Beantwortung der Frage nach Wesen und Ursache dieser Farbensinnstörungen klar diskutieren. Im allgemeinen würden übungstherapeutische Versuche wohl bei Unterfunktionen, nicht aber bei Defekten Erfolge zeitigen. Er fordert für die Ausbildung einer Uebungstherapie zur Besserung des Farbensinns Sammlung orientierender Erfahrungen bei jeder sich bietenden Gelegenheit.

„Einstweilen ist nach Momenten der Uebung aber noch bei einem jeden der für den Sehvorgang überhaupt in Betracht kommenden Faktoren zu forschen. Aus der wahrscheinlich apperzeptiven Bedingtheit der beobachteten Uebungseffekte ist für Untersuchungen von Farbensinnstörungen zunächst lediglich die Forderung abzuleiten: nicht nur jeweils die bestmögliche Leistung oder die Leistungs-„Fähigkeit“ des Farbensinns, sondern auch die Wirksamkeit derselben im alltäglichen Leben, oder bei Farbattributen eines Gesichtswahrnehmungsinhaltes nicht nur deren Erlebtwerden oder deren Erlebbarkeit überhaupt, sondern zugleich auch deren Aufdringlichkeitsgrad zu beachten. Denn nur so lässt sich die Wirksamkeit von Farbsinnstörungen analysieren und danach eine Uebungstherapie in ihrem Wesen erfassen. Erwarten lassen sich dann aber im Hinblick auf die sehr komplexe Struktur der Farberlebnisse von einer Analyse der an ihnen zu beobachtenden Uebungseffekte: interessante Aufschlüsse über allgemeine Tatsachen der Uebung“[1]).

Von diesen Forderungen Goldschmidts ging die vorliegende Untersuchung aus. Seine übrigen Arbeiten zur experimental-deskriptiven Psychologie waren dabei vorbildlich, indem die Zugrundelegung einer experimental-deskriptiv-psychologischen Untersuchung über die Sonderstellung gewisser Farbtöne zu einer entsprechenden Analyse des Farbenerlebens eines Rotgrünverwechslers geführt hat.

In seiner Untersuchung über E.S.O.P.[2]) geht Goldschmidt von der Feststellung aus, dass experimentelle Beobachtungen über subjektive optische Phänomene nicht nur Aufdeckung von eigenartigen Sehvorgängen versprechen, denen mehr als ein spezielles Interesse zukommt, sondern dass sie auch einen Beitrag liefern zur Erkenntnis des Wesens von Sehvorgängen überhaupt, also einen allgemein interessanten Beitrag zur psychologischen Optik bieten. Zunächst zu fordern ist exakte Deskription der E.S.O.P. Auch die Arbeit Goldschmidts „Grössenschwankungen gestaltfester, urbildverwandter Nachbilder und der Emmertsche Satz“[3]) gibt eine Untersuchung zur experimental-deskriptiven Psychologie, bringt darüber hinaus aber Bemerkungen zur Logik der experimental-deskriptiven Psychologie.

Ueber die Frage nach der Möglichkeit übungstherapeutischer Erfolge hinaus wird eine möglichst eingehende Deskription des Farbenerlebens eines Farbenschwachen ein Material bieten, das für die Beurteilung

[1]) R. H. Goldschmidt, Uebungtherapeutische Versuche zur Steigerung der Farbentüchtigkeit eines anomalen Trichromaten. Ztschr. f. Sinnesphysiologie, Bd. 50, S. 213 Anm. 1.

[2]) R. H. Goldschmidt, Beobachtungen über exemplarische subjektive optische Phänomene. Ztschr. f. Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane, I. Abt. Ztschr. f. Psychologie 1916, Bd. 76, S. 289—436.

[3]) Arch. f. d. ges. Psychol., Bd. 44 (1923) S. 51—131.

von Farbensinnstörungen überhaupt von Interesse sein kann. „Es ist bekannt, wie sehr die Beurteilung der Anomalien des Farbensinns in den verschiedensten Hinsichten durch den Umstand erschwert wird, dass wir nicht mit Sicherheit ermitteln können, was der mit einer solchen Anomalie Behaftete eigentlich sieht, wie seine Empfindungen in der Ausdrucksweise des Normalen zu bezeichnen sein würden“[1]).

Weiter kann ein so gewonnenes Material nutzbar werden für farbentheoretische Erörterungen. Namentlich Rotgrünverwechsler sind für Beurteilung der Frage, wie die Farbenempfindungen zustande kommen, häufig Gegenstand sorgfältiger Untersuchungen geworden. Man ging dabei aus von der Annahme, dass es sich bei den Rotgrünverwechslern um den Ausfall antagonistisch wirkender Substrate im Sinnesnervenendapparat handle. Eine genaue Untersuchung über die ausgefallenen Wellenlängen sollte ein Licht werfen darauf, welche Substrate überhaupt für das Farbensehen in Frage kommen können. Allen bisherigen Untersuchungen dieser Art gegenüber ist aber die Frage aufzuwerfen, wie denn der Rotgrünverwechsler seine Farben eigentlich erlebt. Es ist bisher nicht erwiesen, dass es sich bei dem Rotgrünverwechsler nur um den Ausfall in der Unterscheidbarkeit von zwei Farbtonbereichen handelt[2]); es ist vielmehr denkbar, dass bei den Farbenuntüchtigen alle Farben verändert erlebt werden. Eine Aufklärung auch darüber lässt sich nur gewinnen, wenn das gesamte Farbenerleben eines Rotgrünverwechslers möglichst eingehend experimental-deskriptiv analysiert wird, um so ein Material zu bekommen, das möglichst mit anderem entsprechendem Material und mit Beobachtungsergebnissen des farbentüchtigen Auges zum Vergleich herangezogen werden kann.

Bedeutung der Frage nach einer Sonderstellung gewisser Farbtöne.

Die Frage nach einer Sonderstellung gewisser Farbtöne hat in der Geschichte der Farbentheorien von jeher eine bedeutsame Rolle gespielt. Die Voraussetzung, dass einzelne Farbtöne gegenüber anderen Farbtönen eine Ausnahmestellung einnehmen, ist zur Grundlage vieler Hypothesen geworden. Aber weder über die Art dieser Sonderstellung noch über die Auswahl der Farben, denen eine solche bevorzugte Rolle einzuräumen wäre, ist bis jetzt eine Einigung zu erzielen gewesen. Ja, das Vorhandensein einer solchen Sonderstellung gewisser Farben wird von einer einflussreichen Schule (W. Wundt) mit Bestimmtheit in Abrede gestellt. Die in dieser Hinsicht herrschende Unklarheit wird besonders auffällig, wenn man die fast ver-

[1]) Archiv für die gesamte Psychologie 1923. Bd. 44, Heft 1/2.
[2]) Ztschr. f. Sinnesphysiologie 1919, Bd. 50, S. 137; v. Kries: „Ueber einen Fall von einseitiger angeborener Deuteranomalie (Grünschwäche).“

wirrende Fülle der verschiedenartigsten klassifikatorischen Farbenbezeichnungen sich vergegenwärtigt. Und wenn man wirklich Grund-, Haupt-, Prinzipal- und Urfarben, Farbcharaktere, fundamentale, primäre und sekundäre, einfache und gemischte bzw. zusammengesetzte, variable und invariable Farben annähernd unterscheiden gelernt hat, wird man alsbald bemerken, wie schwankend und unsicher ihre Bedeutungen sind. Der Psychologe wie der Physiologe, der Physiker wie der Maler benutzen sie in einem jeweils besonderen Sinne. Aber auch unter den Psychologen bzw. Physiologen selbst ist kaum eine durchgehende Uebereinstimmung festzustellen. Diese Verwirrung, die sich natürlich noch steigert, falls etwa schon der Wortbedeutung nach so schwankende Bezeichnungen wie „Hauptfarben" benutzt werden, ohne dass eine gleichzeitige Definition hinzugefügt wird, beruht zu einem nicht geringen Teil darauf, dass die Gesichtspunkte, die zur Aufstellung solcher Termini führten, vielfacher Art sind. Oft sind solche Bezeichnungen wie z. B. die variablen Farben nur auf die Erklärung einzelner Tatsachen oder Tatsachengebiete zugeschnitten, wenn sie nicht gar, wie die Urfarben Herings, die Träger einer bestimmten Hypothese geworden sind, mit deren Gültigkeit sie stehen und fallen.

Aber — bei aller Verschiedenheit der Einteilungsprinzipien und der dadurch bedingten Bezeichnungen — eines ist all diesen Klassifikationen gemeinsam, die Voraussetzung nämlich, dass einzelne, bestimmte Farbenempfindungen, eben diejenigen, die Träger der oben genannten klassifikatorischen Farbenbezeichnungen geworden sind, sich in irgend einer Hinsicht herausheben aus der Reihe der überhaupt möglichen Farbtöne, sei es auch nur wie bei den „Hauptfarben" Wundts in bezug auf die Entwicklung der sprachlichen Farbennamen (rot, gelb usw.) und der dadurch bedingten hervorragenden Bedeutung dieser Farbennamen für das Vorstellungsleben. Bevor die Problemstellung der vorliegenden Arbeit präzisiert wird, mag daher ein kurzer, historischer Ueberblick über die Entstehung jener Klassifikationsbegriffe sowie über die Motive, die zu ihrer Aufstellung führten und die mit der Frage nach einer Sonderstellung einzelner Farben zusammenhängen, zur vorläufigen Orientierung vorausgeschickt werden.

Historischer Ueberblick.

Bei einem historischen Ueberblick über die Behandlung des vorliegenden Problems könnte an chronologisch erster Stelle die menschliche Sprache angeführt werden, die lange vor dem Einsetzen einer wissenschaftlichen Betrachtungsweise schon eine gewisse Entscheidung getroffen zu haben scheint. So werden in indogermanischen Sprachen gewisse Farbtöne durch bestimmte Farbennamen (z. B. rot, gelb usw.) ausgezeichnet, während andere Farbtöne nur durch eine Verbindung solcher Bezeichnungen (z. B. gelbgrün) charakterisiert werden können und dadurch zu „Mischfarben" herabgedrückt werden. Es soll aber hier

noch nicht untersucht werden, ob bei dieser Hervorhebung gewisser Farbenempfindungen durch die Sprache „mehr zufällige Momente" (I. v. Kries, „Ges. Empf. S. 138) mitsprechen (vgl. Wundt, Grdz. 6. Bd. 2, S. 151 ff.) oder ob, wie nach der Auffassung Herings, bei der Entstehung jener Farbnamen schon gewisse, jedem unmittelbar evidente, im Wesen der farbigen Gesichtsempfindungen liegende Gesetzmässigkeiten mit im Spiele sind.

Als erster, der sich, von wissenschaftlichen Gesichtspunkten ausgehend, eingehender mit dem Studium der Farben beschäftigte, wird gewöhnlich Lionardo da Vinci genannt[1]). Er stellte rot, gelb, grün und blau als die vier einfachen Farben hin und ist daher von der Heringschen Schule als ein Vorläufer Herings usurpiert worden. Allein eine Durchsicht der betreffenden Kapitel in seinem „Traktat von der Malerei" (übersetzt von I. G. Böhm, Nürnberg 1724) zeigt, dass seine Stellungnahme trotz vieler überraschend feinsinniger Beobachtungen doch recht unklar und noch stark in den Anschauungen seiner Zeit befangen ist, wie die folgenden Auszüge aus dem oben angeführten Werke beweisen mögen (s. a. a. O. S. 127, Kap. 161): „Der Ordnung nach ist unter den einfachen weiss die erste, gelb die andere, grün die dritte, blau die vierte, roth die fünfte, schwarz die sechste."

Aber (S. 183, Kap. 162): „Das Blau und Grün ist an sich selbst nicht einfach, denn das Blau ist aus Licht und Finsternis... zusammengesetzt." „Das Grün hingegen besteht aus etwas Einfachem und Zusammengesetztem." Ferner (S. 126, Kap. 121): „Einfache Farben nenne ich diejenigen, welche nicht zusammengesetzt sind, noch vermittelst der anderen Farben können zusammengesetzt werden." „Nach dem Schwarz und Weiss folgt blau und gelb, ferner grün und löwengelb, alsdann kastanienbraun, Tane oder vielmehr Oker, weiter Morell — oder violettblau und rot; und dieses sind acht Farben, deren man nicht mehr in der Natur hat"[2]).

Von einer ganz anderen Voraussetzung ausgehend, konstruierte der Physiker Newton (siehe optics, 2. ed. 1718, p. 134, Pl. 3, Abb. 11, zit. nach Donders, „Ueber Farbensysteme, A. f. O. 1, S. 159) seinen berühmten Farbenkreis, in welchem drei Farben, rot, gelb, blau, eine besondere Stellung zugewiesen wurde. Newtons epochemachende Entdeckung bestand darin, die Abhängigkeit des Farbtones von der Brechbarkeit des Lichts, sowie die Grundgesetze der Farbenmischung gefunden zu haben. Drei Farben, so stellte er fest, genügen, um durch Mischung die anderen Farben herzustellen. Daraus weitgehende Folgerungen für die physiologischen und psychologischen Bedingungen, die beim Zustandekommen von Farbenempfindungen in Wirksamkeit treten, gezogen zu haben, blieb allerdings seinem Landsmann Thomas Young (s. Philos. Transactions 1802. Read. 2. Nov. 1801, zit. nach Donders, a. a. O. S. 162) vorbehalten. Auch er ging von der schon von Newton erkannten Gesetzmässigkeit aus, dass drei Farben zur Herstellung sämtlicher anderen genügen. Diese Tatsache führte ihn zu der naheliegenden Schlussfolgerung, dass in unserem Sehorgan entsprechend den drei bei der Farbenmischung unerlässlichen „fundamentalen" Farben drei physiologisch-anatomisch gesonderte Elemente anzunehmen wären, etwa drei verschieden geartete Nervenendigungen, von denen jede nur auf die Strahlen einer einzigen, einer Fundamentalfarbe entsprechenden Lichtart in charakteristischer Weise reagieren und

[1]) Es lässt sich anmerkungsweise auf die früheren Vertreter der Farbenlehre (Aristoteles, Die Araber und Scholastiker usw.) verweisen, bei denen ja auch häufig (etwa im Zusammenhang mit einer Theorie des Regenbogens) eine bestimmte Anzahl „Grundfarben" unterschieden wird.

[2]) Vgl. auch Mach, Analyse der Empfindungen, 3. Aufl., S. 53, der ähnliche Anschauungen entwickelt und einen Teil der obigen Zitate bringt, ferner Helmholtz, Phys. Opt., 1. Aufl., S. 306.

die so entstandene Erregung durch eine gesonderte Faser des Nervus Opticus zum Gehirn weiter leiten würde, wo dann durch einen durch die Art der Erregung bedingten spezifischen Prozess die Empfindung der entsprechenden „Fundamentalfarbe“ zustande kommen müsste. Die Entstehung der Empfindungen der zwischen den Fundamentalfarben liegenden Farbtöne kann durch verschieden starke Erregung der drei Nervenendigungen sowie durch Kombination der verschiedenen Prozesse erklärt werden. Mit der Beantwortung der Frage, welches denn nun die drei Fundamentalfarben seien, hat Th. Young lange gezögert, bis er sich schliesslich auf rot, grün und violett festlegte. Entscheidend für die Auswahl dieser Farben scheinen folgende Gesichtspunkte gewesen zu sein (vgl. auch Donders, a. a. O. S. 163): Man kann zwar zu jeder Farbe des Spektrums zwei andere Farben finden, welche, in verschiedenen Verhältnissen miteinander gemischt, sämtliche andere Farbtöne einschliesslich weiss liefern. Aber der Grad der Sättigung, der dabei erreicht werden kann, ist ein verschieden hoher. Rot, Grün und Violett geben nun durch Mischung die höchsten Sättigungsgrade, während sie selber durch Mischung anderer Farben nicht in so hoher Sättigung hergestellt werden können. Auch musste die Tatsache, dass rot und violett die beiden Endfarben des Spektrums sind und dadurch eine gewisse Bedeutung erlangen, bei der Auswahl der drei Fundamentalfarben Berücksichtigung finden (vgl. Helmholtz, Phys. Opt. 1867, S. 393 und Wundt, Grdz. 6. Bd. 2. S. 158). Hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang auch der freilich spätere Gesichtspunkt von Donders (a. a. O. S. 172): „dass rot und violett und grün relativ die breitesten Streifen des Spektrums ausmachen, darin liegt schon eine Andeutung ihres fundamentalen Charakters.“

Die Theorie von Th. Young wird später durch Maxwell und besonders durch Helmholtz wieder aufgegriffen und weitergeführt. Eine exakte, experimentelle Prüfung der Farbenmischgesetze führte Helmholtz zu einer fast uneingeschränkten Annahme der Youngschen Theorie. Nur nahm er statt der drei verschiedenen Nervenfasern Youngs drei verschiedene Elemente der Netzhaut oder später drei verschiedene Sehstoffe als physiologische Träger der Grundempfindungen an. Im übrigen schwankte auch er längere Zeit, welche „Grundfarben“ (besonders ob blau oder violett) zu wählen seien, bis er, zum Teil beeinflusst durch die Beobachtungen an Farbenblinden, wie Young den Farben rot, grün und violett den Vorzug gab.

Das für die vorliegende Arbeit Wesentliche der Theorie von Young und Helmholtz besteht also darin, dass beide in ihrer Eigenschaft als Physiker von den Tatsachen der Farbenmischung ausgehend zur Aufstellung von drei „Fundamental“- oder „Grundfarben“ gelangten. Zum ersten Male wird also hier einer prinzipiellen Sonderstellung bestimmter Farben das Wort geredet, insofern als nur diesen Grundfarben bestimmte physiologische Empfindungsträger, die die Empfindungen des Rot, Grün und Violett vermitteln, entsprechen würden, während den „zusammengesetzten“ Farben keine solche Elemente korrespondieren würden. Die Young-Helmholtzsche Hypothese ist demnach in erster Linie auf die Erklärung der Mischungsverhältnisse zugeschnitten und versucht von dieser Basis aus auch den übrigen Erscheinungen des farbigen Sehens gerecht zu werden.

Von einer ganz anderen Grundlage ging eine Gruppe mehr psychologisch orientierter Forscher aus, von denen ausser Goethe besonders Aubert, Mach und Hering zu nennen wären. Ueber die Farbenlehre Goethes hat man namentlich aus Kreisen der Physiker manches wegwerfende Urteil hören müssen. Erst in neuerer Zeit hat man erkannt, dass Goethe hauptsächlich deskriptiv-psychologisch eingestellt war und dabei eine Fülle der feinsinnigsten Beob-

achtungen gemacht hat[1]). Durch diese überwiegend phänomenologische Einstellung ist es zunächst zu erklären, dass er sich gegen die Entdeckung Newtons wendet, dass das Weiss eine aus allen Farbtönen zusammengesetzte Farbe sei. Er sieht eben im Weiss nur die weisse Farbe und keine andere[2]). Um so bemerkenswerter ist es, dass Goethe, trotzdem für ihn lediglich die Empfindungen massgebend zu sein scheinen, grün für eine aus gelb und blau zusammengesetzte Farbe hält. Es ist hier nicht der Ort festzustellen, inwieweit Goethe hier dem Fehler verfallen ist, aus der Mischung gelber und blauer Pigmente zu grün Schlüsse auf die Zusammensetzung des Grün zu ziehen. Seit Helmholtz (Phys. Opt. 1867, S. 274) wissen wir, dass die Vereinigung gelber und blauer Malerfarben zu grün nur auf eigentümliche Absorptionsverhältnisse, nicht auf einer „Summation", sondern auf einer Subtraktion beruht, und dass spektrales Gelb und spektrales Blau nicht grün, sondern weiss liefern. Mit dieser Feststellung schien die Frage nach der Zusammensetzung des Grün für immer im negativen Sinne beantwortet zu sein. Es sei aber trotzdem darauf hingewiesen, dass durch diese Entdeckung zwar der eine Grund, weshalb man grün so lange für eine zusammengesetzte Farbe gehalten hat, weggefallen ist, dass aber immer noch die prinzipielle Möglichkeit offen steht, dass die Betrachtung der Farbenempfindungen sowie noch andere Gründe für eine Zusammensetzung des Grün sprechen könnten. Die Auffassung Goethes, in jedem Grün ein Gelb und ein Blau zu sehen, kann also allein durch den Hinweis auf die Helmholtzsche Feststellung nicht so ohne weiteres widerlegt werden. Immerhin, die nächsten Forscher dieser psychologisch eingestellten Gruppe halten an der Auffassung des Grün als einer einfachen Farbe fest. So stellt Aubert (Phys. d. Netzhaut 1865) rot, gelb, blau und grün als „Prinzipalfarben" hin. Massgebend für Aubert waren zunächst keinerlei theoretische Erwägungen — er hat später die Heringsche Theorie fast restlos übernommen —, sondern nur eine klassifikatorische Absicht (vgl. auch Hering, Grdz. S. 47). „Wir haben das Bedürfnis, unsere Empfindungen zu ordnen und zu klassifizieren, und sind dazu genötigt, um uns verständlich zu machen." „Wenn wir aber für unsere Empfindungen einen Einteilungsgrund suchen,... so bleiben uns dafür nur die Empfindungen selbst übrig." „Wollen wir uns über dieselbe verständigen, so genügen als Hauptbezeichnungen unserer Empfindungen die Worte schwarz, weiss, rot, gelb, grün, blau, die ich daher als Prinzipalempfindungen oder Prinzipalfarben bezeichnen möchte." „Sie genügen, um uns verständlich zu machen und sind frei von Hypothesen." (Aubert, Phys. d. Netzh. S. 186.)

Noch weit schärfer wird der psychologische Ausgangspunkt von dem Physiker Ernst Mach und dem Physiologen Ewald Hering festgehalten. Beide gehen von der Voraussetzung einer strengen Parallelität zwischen Psychischem und Physischem aus, glauben also, aus einer Analyse der Farbenempfindungen auf ihre physiologische Grundlage schliessen zu können. Die Empfindungsanalyse führt Mach zur Aufstellung der Grundfarbenempfindungen, Hering zu seiner berühmten Urfarbentheorie. Da ersterer sich später eng an letzteren anschloss, genügt es, wenn die leitenden Gesichtspunkte Herings hier entwickelt werden.

Man findet die Grundgedanken Herings am klarsten in seiner „Lehre vom Lichtsinn" entwickelt (für die folgenden Zitate s. Hering a. a. O. S. 41 ff. und 48).

[1]) Als erster hat R. H. Goldschmidt auf die Bedeutung Goethes für die psychologische Farbenlehre hingewiesen, vgl. Goldschmidt, Pos. Nachb., S. 161.

[2]) Sehr gut ist dieser Gegensatz bei Spengler: „Untergang des Abendlandes", S. 216 formuliert: „Der eine erkannte in der toten Farbe den exakt gesetzlichen Naturprozess, der andere, der Künstler, hatte das intuitiv-sinnliche Erlebnis."

„Die bunten Farben... lassen sich nach ihrem Farbenton auf einer in sich zurücklaufenden Reihe, einem sog. Farbenzirkel, derartig geordnet denken, dass die Verschiedenheit des Tones je zweier unmittelbar benachbarter minimal, die Aehnlichkeit maximal ist, so dass die Farbentöne überall stetig ineinander übergehen." In dieser „zu einem Zirkel geschlossenen Farbtonreihe" finden sich nun „vier ausgezeichnete Stellen:

1. Die Stelle desjenigen Gelb, welches keine Spur von Rötlichkeit mehr zeigt, andererseits aber auch noch keine Spur von Grün erkennen lässt.

2. Die Stelle desjenigen Blau, von dem dasselbe gilt." Die beiden Farbtöne bezeichnet Hering als Urgelb und Urblau. Auf demselben Weg kommt er dann zum Urrot und Urgrün. Die Urfarben würden den Farbenzirkel in je 4 Quadranten einteilen, und zwar so, dass rot und grün einerseits, blau und gelb andererseits an den beiden Enden zweier aufeinander senkrechter Durchmesser zu liegen kommen. Denn rot und grün sind ebenso wie blau und gelb „Gegenfarben" d. h. die Aehnlichkeit zwischen rot und grün (bzw. gelb und blau) ist minimal, sie „schliessen sich gegenseitig aus". Die vier Urfarben Herings fallen also deutlich aus der Farbtonreihe heraus, ihnen kommt nur eine „chromatische Valenz" zu, während den Zwischentönen zwei „chromatische Valenzen" (dem Orange z. B., gleichzeitig das „Merkmal" der Röte und der Gilbe) zuzuschreiben sind. Diese, wie Hering behauptet, scharf charakterisierte Hervorhebung der Urfarbenempfindungen, die sich für jeden, der über einen normalen Farbensinn verfügt, bei der psychologischen Analyse unmittelbar aufdrängt, ist nun — so dürfte wohl Herings Gedankengang sein — nur zu erklären durch eine ebenso ausgeprägte Sonderstellung ihrer physiologischen Korrelate. Beeinflusst durch gewisse biologische Anschauungen fordert Hering als physiologische Träger der Gesichtsempfindungen drei verschiedene Arten von Sehstoffen, eine Schwarzweiss-, Rotgrün- und eine Blaugelbsubstanz. In jeder dieser drei Sehsubstanzen sind zweierlei, durch Lichtwellen hervorgerufene Prozesse anzunehmen, ein Assimilations- und ein Dissimilationsprozess. Der Assimilation würden die Farbenempfindungen des Grün, Blau und Schwarz, der Dissimilation die des Rot, Gelb und Weiss ihre Entstehung verdanken. Diese Grundanschauungen der Heringschen Theorie sind dann in zum Teil ausserordentlich glücklicher Weise für die Erklärung der verschiedenartigsten Erscheinungen der physiologischen und psychologischen Optik herangezogen worden. Die Tatsachen der Farbenblindheit, der Kontrasterscheinungen, der Komplementärfarben, der Mischungsgesetze, ebenso wie die bei Steigerung und Verminderung der Lichtintensität (invariable Farben!), beim indirekten Sehen und bei Ermüdung der Netzhaut sich zeigenden Gesetzmässigkeiten scheinen — zum Teil auf Grund exakter experimenteller Untersuchungen — eine Sonderstellung der Urfarben auch in physiologischer Hinsicht zu fordern. Grade die hier skizzierten Probleme pflegen bei den Diskussionen über die Heringsche Theorie einen ausserordentlich breiten Raum einzunehmen. Um so schärfer muss hervorgehoben werden, dass der methodische Ausgangspunkt seiner Hypothese in der rein subjektiven Betrachtung der Gesichtsempfindungen begründet liegt.

Diese psychologische Basis wird wenn möglich noch eindeutiger festgehalten durch G. E. Müller, den man trotz wesentlicher Modifikationen als einen Anhänger der Heringschen Theorie bezeichnen darf. Die methodische Grundlage wird von G. E. Müller in seiner „Abhandlung zur Psychophysik der Gesichtsempfindungen" (Z. Ps. 5) scharf präzisiert durch die Aufstellung von vier „Axiomen der Psychophysik", von denen die ersten drei als die für die vorliegende Arbeit wichtigsten folgen sollen:

1. „Jedem Zustand des Bewusstseins liegt ein materieller Vorgang, ein sog. psychophysischer Prozess zugrunde, an dessen Stattfinden das Vorhandensein des Bewusstseins geknüpft ist.

2. Einer Gleichheit, Aehnlichkeit, Verschiedenheit der Beschaffenheit der Empfindungen... entspricht eine Gleichheit, Aehnlichkeit, Verschiedenheit der psychophysischen Prozesse und umgekehrt.

3. Besitzt die Aenderung, welche eine Empfindung durchläuft, dieselbe Richtung oder sind die Unterschiede, die zwischen einer Reihe gegebener Empfindungen bestehen, von gleicher Richtung, so besitzen auch die Aenderungen, welche der psychophysische Prozess durchläuft, oder die Unterschiede der gegebenen psychophysischen Prozesse gleiche Richtung."

Durch die Formulierung dieser vier psychophysischen Axiome erhält das methodische Verfahren Herings, aus der Analyse der Empfindungen rückwärts auf die Beschaffenheit der entsprechenden physiologischen Prozesse zu schliessen, gleichsam seine nachträgliche Sanktionierung. Dieses schien um so mehr geboten, als von verschiedener Seite aus die Berechtigung eines solchen Vorgehens bestritten wurde. Besonders Helmholtz (vgl. Hering, Grdz. S. 47) hat sich entschieden ablehnend verhalten und die „angeblich innere Anschauung" als „ein trügerisches Mittel" bezeichnet.

Eine Reihe von Forschern nahm eine Art vermittelnde Stellung zwischen der Young-Helmholtzschen und der Heringschen Theorie ein. Schon Aubert (Phys. Opt. S. 519) meint: „Beide Theorien könnten... mit einigen Modifikationen sehr wohl nebeneinander bestehen, wenn man den Erregungsvorgang streng unterscheidet von dem Empfindungsvorgang." Donders (a. a. O. S. 172) erweitert diese Andeutung zu der Hypothese, dass wir streng zu unterscheiden hätten zwischen den im Gehirn sich abspielenden psychophysischen Vorgängen und dem rein physiologischen Geschehen in der Netzhaut. Er konstruiert demgemäss einen scharfen Gegensatz zwischen den einfachen Farben (rot, gelb, grün, blau) und den Fundamentalfarben (rot, grün, violett). „Die ersten lernen wir kennen, indem wir unsere Empfindungen zu Rate ziehen." Ihnen entsprechen vier spezifische Prozesse, die in den Sehsphären der grauen Substanz ihren Sitz haben, während die drei fundamentalen Farben durch drei spezifische Prozesse der Retina repräsentiert werden. Nichts hindert uns, dass sie (die einfachen Prozesse in der Retina) im Zentrum einen zweifachen Prozess hervorrufen, also zusammengesetzte Farben (z. B. violett) sind. Die reinen Farbenempfindungen, die auf einem einfachen Prozess im Gehirn beruhen sollen, finden dadurch ihre Erklärung, dass in ihnen das „Gleichgewicht" zweier primärer Retinalprozesse hergestellt wird.

Aehnliche Anschauungen findet man in der von I. v. Kries entwickelten „Zonentheorie" wieder. I. v. Kries geht in dem von ihm bearbeiteten Teil des Nagelschen Handbuchs der „Physiologie des Menschen" (3. Bd. 1. Hälfte, 1904, S. 118 ff.) wie Helmholtz zunächst von den Tatsachen der Farbenmischung aus und stellt fest, dass die hierbei beobachteten Gesetzmässigkeiten durch eine Dreikomponententheorie im Sinne Helmholtz' ihre beste Erklärung finden. In einem späteren Abschnitt wechselt er den Ausgangspunkt und geht zu einer rein psychologischen Betrachtungsweise über. Es erscheint ihm zwar noch zweifelhaft (s. S. 142), ob man sich nach gewissen heuristischen Grundsätzen (s. d. 4 Axiome G. E. Müllers) für berechtigt halten dürfe, „vom Psychischen aufs Physische zu schliessen", glaubt aber, vom psychologischen Standpunkt der Vierkomponententheorie Herings den Vorzug geben zu dürfen. In seiner Zonentheorie (a. a. O. S. 185) versucht er wie Donders, beiden Theorien gerecht zu werden. Er gelangt

zu der Annahme, „dass die peripheren Vorgänge, insbesondere die nächsten Erfolge der Belichtung in einer dreikomponentigen Weise, die Zentralen dagegen in einer der Vierfarbentheorie entsprechenden Form gegliedert sein dürften." Der Wechsel der methodischen Ausgangsstellung führt also bei I. v. Kries zu zwei verschiedenen Arten von „ausgezeichneten" Farbentönen. Für das periphere, physiologische Geschehen in der Retina nehmen rot, grün und violett, für die psychologischen Prozesse im Gehirn rot, gelb und grün eine bevorzugte Stellung ein. Der durch die Axiome G. E. Müllers gestattete „Rückschluss vom Psychischen aufs Physische" würde für die Vorgänge im Gehirn seine Gültigkeit bewahren, dürfte aber nicht weiter rückwärts bis auf die retinalen Prozesse ausgedehnt werden.

Eine von allen diesen Theorien grundsätzlich verschiedene Auffassung vertritt W. Wundt (vgl. Wundt, Grdz. S. 151 ff.). Auch bei ihm treten gewisse Farben des Farbenzirkels „deutlich" hervor, und zwar wie bei Aubert, Mach und Hering — rot, gelb, grün und blau. Aber diese Hauptfarben verdanken ihre Sonderstellung zunächst lediglich dem Umstande, dass die Sprache für sie besondere Farbennamen geschaffen hat. „Hieraus (s. Wundt, S. 151) darf natürlich noch nicht geschlossen werden, dass in unserer unmittelbaren Empfindung die Hauptfarben einen von Uebergangsfarben spezifisch verschiedenen Charakter besässen." Der Auffassung Herings, dass die Sprache durch die Ausprägung der vier Hauptfarbenbezeichnungen eben den Erkenntnissen der psychologischen Analyse Rechnung trüge und dass dadurch die Eigenart der vier Hauptfarben noch schärfer dokumentiert würde, widerspricht Wundt sehr entschieden, weil „ursprünglich überhaupt nicht Empfindungen, sondern Gegenstände benannt wurden". Diese Namen der Gegenstände sind dann natürlich auf die entsprechenden Empfindungen hinübergewandert. „Nun gibt es, abgesehen von Schwarz und Weiss, zwei Lichtqualitäten, die in der Natur vor allen andern eine bevorzugte Rolle spielen: das Blau des Himmels und das Grün der Vegetationen." „Neben ihnen nimmt noch das Rot des Blutes... durch seinen intensiven Gefühlswert" und das Gelb „als Farbe der herbstlichen Vegetation, des Wüsten- und Dünensandes usw. einen ausgezeichneten Rang ein." „Der Vorzug, den wir den Farben rot, gelb grün, blau in dem System unserer Lichtempfindungen anweisen, wird durch diese Tatsache vollkommen begreiflich" (s. Wundt, a. a. O. S. 249). In der Wundtschen Stufentheorie findet man dieselbe Auffassung in positivem Sinn weiter entwickelt. Nach ihr besteht „die chromatische Erregung in einem multiformen photochemischen Vorgang, der mit der Wellenlänge stufenweise veränderlich ist". Damit wird eine Sonderstellung, eine spezifische Verschiedenheit gewisser Farben auch in physiologischer Hinsicht abgelehnt.

Präzisierung der Frage nach einer Sonderstellung gewisser Farbtöne.

Als (Verständigungs-) Grundlage für eine schärfere Formulierung der vorliegenden Problemstellung empfiehlt sich — entsprechend dem psychologischen Charakter dieser Arbeit — eine experimental-deskriptiv-psychologische Betrachtungsweise (im Sinne von R. H. Goldschmidt). Wenn man wie Hering die einzelnen Farbtöne auf Grund einer solchen phänomenologischen Analyse der Farbenempfindungen derart ordnet, dass „die Verschiedenheit des Tones je zweier unmittelbar benachbarter Farbtöne minimal, die Aehnlichkeit maximal ist", so

gelangt man, von irgend einem Farbton aus der Farbtonreihe folgend, immer wieder zu dem als Ausgangspunkt gewählten Farbton zurück (vgl. Wundt, a. a. O. S. 245). Die Farbtonreihe wird somit zur geschlossenen Farbenkurve.

Der Terminus Farbenkurve ist mit Absicht so unbestimmt gehalten. Jede geometrische Angabe über die Form der Kurve (z. B. Farbendreieck, Farbenkreis) würde schon gewisse andere, nicht aus der subjektiven Betrachtung unmittelbar ersichtliche Ergebnisse bzw. bestimmte Theorien in sich einschliessen (vgl. G. E. Müller, a. a. O. S. 63, Anm. „Ueber die Verwirrung, die bisher durch Farbentafeln angerichtet worden ist"). Dagegen würde der Begriff „Farbenreihe" zu weit sein, denn eine Reihe besitzt, falls sie nicht unendlich ist, was sich mit dem phänomonologischen Befund hier nicht decken würde, immer einen Anfangs- und Endpunkt und ein solcher ist hier nicht vorhanden (anders im Spektrum!). Also: „Das Ergebnis einer solchen psychologischen Betrachtungsweise, das von allen weiteren Folgerungen und Hypothesen unberührt bleibt, ist nicht die geschlossene Farbtonreihe, sondern die geschlossene Farbenkurve!

Die hier zu behandelnde Problemstellung ist nun durch folgende Frage gekennzeichnet:

Gibt es auf einer solchen geschlossenen Farbenkurve (von bestimmten Farbtönen besetzte) Stellen, die gegenüber anderen Punkten und Strecken der Kurve eine in irgend einer Hinsicht bevorzugte, eigenartige Stellung einnehmen und durch ihre — von den übrigen Kurvenstrecken abweichende — Verhaltungsweise unter Umständen als „Wendepunkte", „Knicke", „Ausbuchtungen" und dergleichen darzustellen wären?[1]).

Falls eine Entscheidung im Sinne einer Sonderstellung bestimmter Farbtöne zu treffen wäre, ergäben sich folgende Sonderaufgaben:

1. Es müsste festgestellt werden, bei welchen Farbtönen bzw. an welchen Stellen der Farbenkurve eine solche „spezifische Differenzierung" sich bemerkbar macht[2]).

2. Auch wäre das Wesentliche und Charakteristische einer solchen Sonderstellung möglichst scharf zu bestimmen[3]).

3. Ferner wäre zu untersuchen, ob diejenigen Farbtöne, die in der einen (z. B. beim indirekten Sehen) und anderen (z. B. beim dichromatischen Sehen) Hinsicht eine solche spezifische Differenzierung aufweisen, der Farbqualität nach miteinander identisch sind oder nicht[4]).

---

[1]) Eine solche bevorzugte Stellung wird — wie oben ausgeführt — von der Heringschen Schule von sog. Urfarben angenommen und zwar hinsichtlich der phänomenologischen Analyse sowohl als in mancher physiologischen Beziehung (Farbenblindheit, indirektes Sehen usw.).

[2]) Unter Differenzierung sei hier jene „qualitative" Verschiedenheit der einzelnen Farbtöne verstanden, die als Farbtonunterschied ins Bewusstsein gelangt, während mit dem Ausdrucke „spezifisch" die gleichsam als ein „Herausspringen" zu veranschaulichende Ausnahmestellung gewisser Farbtöne angedeutet werden soll.

[3]) So sollen die bei der psychologischen Analyse des (Heringschen) Farbzirkels auffindbaren Urfarben nach Hering (s. oben S. 12) dadurch sich auszeichnen, dass sie „reine" Farben sind, nur eine „monochromatische" Valenz aufweisen, während G. E. Müller (a. a. S. 60) sie dadurch kennzeichnet, dass in den von ihnen eingenommenen Stellen der geschlossenen Farbkurve ein sog. „Richtungswechsel" innerhalb der Kurve sich bemerkbar macht.

[4]) Nach der Behauptung der Heringschen Schule sind sowohl die subjektiven Urfarben wie die drei verschiedenen Arten von invariablen (s. unten S. 58) Farben, die bei Ermüdung der Netzhaut (s. unten S. 88), bei Intensitätsänderung (s. S. 72) und beim peripheren Sehen (s. unten S. 58) auftreten sollen, dem Farbton nach miteinander übereinstimmend, was von den Anhängern Wundts nachdrücklichst bestritten wird.

4. Endlich müsste im Zusammenhang mit der letzten Aufgabe die Frage geklärt werden, ob die **Art** einer solchen spezifischen Differenzierung, wie sie auf den verschiedenen Beobachtungsgebieten jeweils zum Ausdruck kommt, einen inneren (d. h. physiologisch oder psychologisch deutbaren) Zusammenhang zwischen den einzelnen, je nach den Beobachtungsgebieten unterschiedlichen Sonderstellungen gestattet. Falls eine spezifische Differenzierung an unterschiedliche Farbtöne gebunden wäre, dürfte ein solcher Zusammenhang nur schwer zu konstruieren sein [1].

Aber auch dann, wenn in den verschiedenen Gebieten genau die gleichen Farbtöne durch ein charakteristisches Verhalten sich auszeichnen, ist jedesmal nachzuprüfen, ob diese verschiedenen Arten von spezifischer Differenzierung miteinander so übereinstimmen, dass ein innerer Zusammenhang, etwa eine Zurückführung auf eine gemeinsame physiologische Unterlage möglich und denkbar erscheint [2].

Diese hier kurz skizzierten Fragen wollen die Aufgabe dieser Arbeit charakterisieren. Es gilt also, durch Sichtung und Wertung allen Materials, wie es in den bisher auf diesen Gebieten veröffentlichten Arbeiten vorliegt, sowie durch eigene (zum Teil experimentelle) Untersuchungen eine Entscheidung zu erstreben. Die folgenden Untersuchungen sollen entsprechend den verschiedenen Gebieten, für die eine Sonderstellung bestimmter Farbtöne in Frage kommt, in gesonderten Abteilungen durchgeführt werden.

Die hier ventilierte Problemstellung und die Methode zur Prüfung einer Sonderstellung gewisser Farbtöne basieren vornehmlich auf der Abhandlung von R. H. **Goldschmidt** über exemplarische subjektive optische Phänomene und auf seinen übrigen Untersuchungen zur psychologischen Optik, sowie zur experimental-deskriptiven Psychologie. Um aber peinlichst zu vermeiden, dass seine theoretischen Erwägungen hier irgendwie involviert würden, ist eine Bezugnahme auf seine Untersuchungen beim Aufbau der vorliegenden Arbeit vermieden worden, so dass erst beider Ergebnisse verglichen werden.

Die physikalischen Grundlagen der farbigen Gesichtsempfindungen [3].

Die Aenderungen des **Farbtones** der farbigen Gesichtsempfindungen sind für das farbentüchtige und in normaler Stellung beobachtende Auge gebunden an Aenderungen der Wellenlänge der physikalischen Reize. Auch die Schwingungsweite (die sog. Intensität) ist nicht ohne Einfluss auf den Farbton der Empfindungen. Jedoch soll von diesen und andern Faktoren hier zunächst abgesehen werden. Ein charakteristisches Verhalten bestimmter Farbtöne oder Farbton-

[1] Die Tatsache, dass zwischen den drei Grundfarben der Helmholtzschen Theorie und den vier Urfarben der psychologischen Analyse keine Uebereinstimmung festzustellen ist, ist von der Heringschen Schule als ein entscheidendes Argument gegen **Helmholtz** ins Feld geführt worden.

[2] Selbst wenn also wirklich die vier Urfarben **Herings** mit den drei Arten von invariablen Farben sich decken würden, dann wäre damit immerhin noch nicht erwiesen, dass die von **Hering** aus diesen Tatsachen abgeleitete Annahme dreier Sehsubstanzen wirklich eine objektive Darstellung der physiologischen bzw. psychophysischen Verhältnisse liefert.

[3] Bei diesen und den folgenden Ueberschriften ist jedesmal sinngemäss zu ergänzen: „Im Hinblick auf die Sonderstellung einzelner Farbtöne.“

gruppen ist hier nur in geringfügigem Maße festzustellen. Die Beobachtung eines gewöhnlichen Dispersionsspektrums ergibt in dieser Beziehung etwa folgendes:

1. Das spektrale Farbenband beginnt an dem einen Ende mit roten Farbtönen, deren Sichtbarwerden als Farbe je nach den verschiedenen Beobachtungsbedingungen bei Wellenlängen zwischen 700—800 $\mu\mu$ liegt. Es endigt bei den um 300 $\mu\mu$ liegenden Wellenlängen mit violetten Tönen. Bei einer (geometrisch nicht ohne weiteres durchführbaren) Projektion des Spektralbandes auf die geschlossene Farbenkurve ergibt sich also zwischen den violetten und den nach Hering etwas gelblich gefärbten, spektralroten Tönen eine Lücke, die von den nur durch Mischung herstellbaren Purpurtönen auszufüllen wäre. Die Tatsache, dass die Lichtstrahlen jenseits gewisser Wellenlängen nicht mehr sichtbar sind, beruht nur zu einem geringen Teil auf einer Absorption dieser Strahlen in gewissen Augenmedien. In der Hauptsache ist diese Erscheinung dadurch erklärt worden, dass solche ultraroten bzw. ultravioletten Lichtstrahlen keine physiologische Wirkung mehr auf die Sehnervenendapparte auszuüben vermögen (vgl. I. v. Kries, a. a. O., S. 113). Da das Spektralrot die erste farbige Gesichtsempfindung darstellt, die beim Kürzerwerden der ultraroten Wellenlängen durch die Vermittlung des Auges zustande kommt, so liegt im Hinblick auf den oben erwähnten physiologischen Zusammenhang der Gedanke recht nahe, dass diesem Farbton, falls überhaupt eine spezifische Differenzierung innerhalb der Farbkurve in Frage kommt, eine ausgezeichnete Stellung zugeschrieben werden müsse. Dasselbe würde für das Violett gelten. In der Tat ist diese, den Endgliedern der spektralen Farbenreihe beigelegte Sonderstellung von der Dreikomponententheorie[1]) für die Auswahl ihrer drei Grundfarben verwertet worden.

2. Die Betrachtung des Farbenbandes zeigt ferner, dass die Farbtöne, wenn man von dem einen Endglied der Spektralreihe ausgeht, den Farbtönen des anderen Endes wieder ähnlicher zu werden beginnen. In der Spektralreihe scheint gleichsam die Tendenz zu schlummern, sich zu einer geschlossenen Farbenkurve zu erweitern, eine Tendenz, die geradezu zu einer Ergänzung der Farbenreihe durch die im Spektrum nicht vorhandenen Purpurtöne zu drängen scheint. Diese auffallende Erscheinung der qualitativen Aehnlichkeit der beiden Endglieder deutet auf eine gewisse Verwandtschaft (vgl. Wundt, a. a. O., S. 251) der ihnen korrespondierenden physiologischen Prozesse hin und rückt den Gedanken an eine (den Gehörsempfindungen analoge) Periodizität der farbigen Gesichtsempfindungen ausserordentlich nahe[2]).

Für denjenigen, der wie Hering und G. E. Müller auf dem Boden eines durchgängigen psychologischen Parallelismus steht, wird die Bedeutung des oben erwähnten, von Helmholtz benutzten Argumentes durch solche innere — durch die phänomenologische Analyse zum Ausdruck kommende — Verwandtschaft der beiden Endglieder erheblich abgeschwächt, da den sog. Grundfarben möglichst voneinander unabhängige physiologische Faktoren entsprechen müssten.

3. Die Tatsache, dass drei Farben, namentlich Rot, Grün und Violett, im gewöhnlichen Dispersionsspektrum des Glases einen verhältnismässig breiten Raum einnehmen, während Gelb und Blau auf schmälere Bänder reduziert sind, ist — wie schon oben erwähnt — von Anhängern der Dreikomponententheorie

[1]) Vgl. Helmholtz, a. a. O., S. 293; vgl. auch oben S. 10 sowie die näheren Ausführungen unten S. 25.

[2]) Solche schon frühzeitig auftretenden Gedankengänge sind bekanntlich von Helmholtz abgelehnt worden. Vgl. aber dazu F. J. B. Cordeiro: „Ueber Farbenempfindungen.“ Z. Ps. 2. Bd. 42, S. 379. und A. Meisling: „Ueber die chemisch physikalischen Grundlagen des Sehens.“ Z. Ps. 2. Bd. 42, S. 229.

als eine „Andeutung ihres fundamentalen Charakters" angesehen worden (vgl. Donders, a. a. O., S. 155).

Da diese Verteilung der Farbtöne nur bei einem bestimmten Spektrum (dem Dispersionsspektrum des Glases) vorhanden ist und sich ändert, sobald ein durch ein anderes brechendes Medium entstandenes Spektrum Verwendung findet, muss dieses Argument abgelehnt werden[1]).

Die Mischungsgesetze.

1. Die Mischung zweier Lichter.

Als „Mischung" kommt hier zunächst nur die Mischung spektraler Lichter oder die „psychologische" Mischung auf dem Farbenkreisel in Betracht. Man findet die in diesem Kapitel zu behandelnden Mischungsgesetze für unsere Zwecke am einfachsten formuliert in Titcheners Lehrbuch der Psychologie Bd. 1, S. 68. Das erste Gesetz sagt aus, „dass zu jeder Farbe eine andere, entgegengesetzte oder komplementäre gefunden werden kann, welche, in richtigem Verhältnis mit ihr gemischt, eine reine Helligkeitsempfindung, in einem anderen Mischungsverhältnis eine Farbenempfindung von geringerer Sättigung und dem Farbenton der vorherrschenden Komponente ergibt." An Stelle des meist üblichen Terminus „Komplementärfarbe" sei hier im Anschluss an Tschermak[2]) der Ausdruck „Kompensationsfarbe" gewählt, da auch die sog. Gegenfarben (also die durch subjektive Beobachtung als „gegensätzlich" sich herausstellenden Farbtöne) oft als komplementär bezeichnet werden können. Einen Ueberblick über die Verteilung der Kompensationsfarben gewinnt man am leichtesten durch die graphische Darstellung bei Helmholtz (Phys. Opt., 3. Aufl., 2. Bd., S. 106, Abb. 15; siehe nebenstehende Zeichnung, S. 19).

So entspricht einem Spektralrot als Kompensationsfarbe ein Grünblau, dem Gelb — Indigblau, dem Grüngelb — Violett usw. Der Verlauf der Kurve weist ferner auf eine auffällige Unregelmässigkeit der Verteilung der Kompensationsfarben im Spektrum hin. Wenn man vom Rot ausgehend zum Gelb weiterschreitend die dazu gehörenden Kompensationsfarben sucht, ändert sich die Wellenlänge der Kompensationsfarbe äusserst langsam. Rot und Orange haben eine der Wellenlänge nach nur so wenig voneinander verschiedene Kompensationsfarbe. Dieses ändert sich, wenn man die gelblichen und gelbgrünen Farbtöne als Ausgangspunkt nimmt. Dann entsprechen geringen Aenderungen der gelben Farbenstrecken sehr beträchtliche Aenderungen der entsprechenden Kompensationsfarben. Die Kompensationsfarbe des Gelb (etwa von der Wellenlänge 564,4 $\mu\mu$) ist ein Indigblau von 461,8 $\mu\mu$, die des Grüngelb (von 563,0 $\mu\mu$) ein Violett von weniger als 433 $\mu\mu$. Dieses hängt, wie Helmholtz (a. a. O., S. 106) ausführt, damit zusammen, dass der Farbton an den Enden des Spektrums sich im Verhältnis zu den Wellenlängen ausserordentlich langsam, in der Mitte dagegen sehr schnell verändert. Die Farbtonunterschiedsempfindlichkeit, auf die Wellenlänge als Einheit bezogen, ist demnach an den Enden geringer als in der Mitte. Da im Spektrum die Purpurtöne (die

[1]) Ueber die Intensitätsverteilung im Spektrum s. unten S. 72, über die Farbtonunterschiedsempfindlichkeit S. 18.

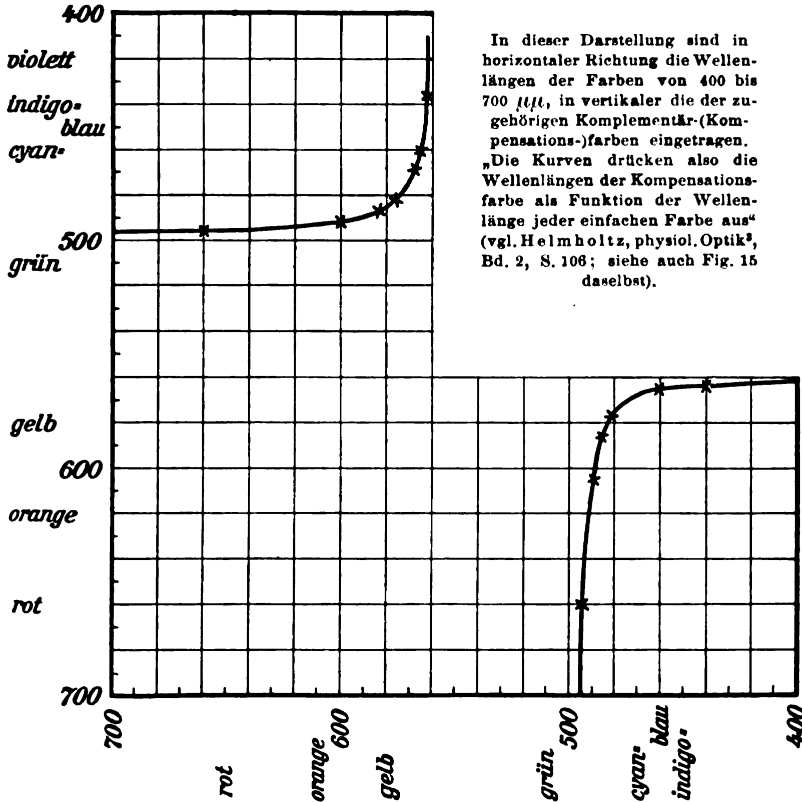
[2]) Ueber das Verhältnis von Gegenfarbe, Kompensationsfarbe usw. P. A. Phys. Bd. 117, S. 476.

Kompensationsfarben des Grün) fehlen, bedarf die Helmholtzsche Darstellung für die hier vorliegenden Aufgaben einer Ergänzung durch eigene Versuche am Farbenkreisel.

Versuchsanordnung.

Als Farbenkreisel wurde der Marbesche Rotationsapparat benutzt, der es gestattet, das Sektorenverhältnis während der Rotation zu verändern. In $^1/_2$ m Entfernung von dem Marbeschen Apparat stand ein mit grauem Papier überzogener Pappschirm, der eine Oeffnung von 2 + 1 cm besass. Der Beobachter sass in etwa

Abb. 1.



1.20 m Entfernung vor diesem Pappschirm. Mit der linken Hand konnte er den an einer verlängerten Kette befindlichen Handgriff zum Einstellen der Sektoren bedienen. Durch die Oeffnung im Pappschirm, die durch eine mit Schnur versehene graue Klappe geöffnet und geschlossen werden konnte, sah er bei entsprechender Fixation des Kopfes gerade die Farbenscheibe des Kreisels.

Zur Herstellung der Farbenscheiben fanden die Heringschen Farbpapiere[1]) Verwendung. In der Heringschen Farbserie sind die einzelnen Farbtöne mit Nummern von 1 bis 16 bezeichnet. Neben vielen Mängeln haben sie jedenfalls den Vorzug, dass die mit ihrer Hilfe gewonnenen Ergebnisse bequem nachkontrollierbar

---

[1]) „Herings farbige Papiere", zu beziehen durch Buch- und Lehrmittelhandlung Gustav A. Rietschel, Leipzig.

sind. Fast alle früheren Untersuchungen dieser Art entziehen sich einer solchen Nachprüfung dadurch, dass der Farbton der benutzten Pigmente nicht — wie die Spektralfarben durch ihre Wellenlänge — durch bestimmte Masszahlen eindeutig festgelegt worden waren. Von diesen einzelnen Nummern wurden je zwei ganzfarbige Scheiben hergestellt.

Versuchsmethode.

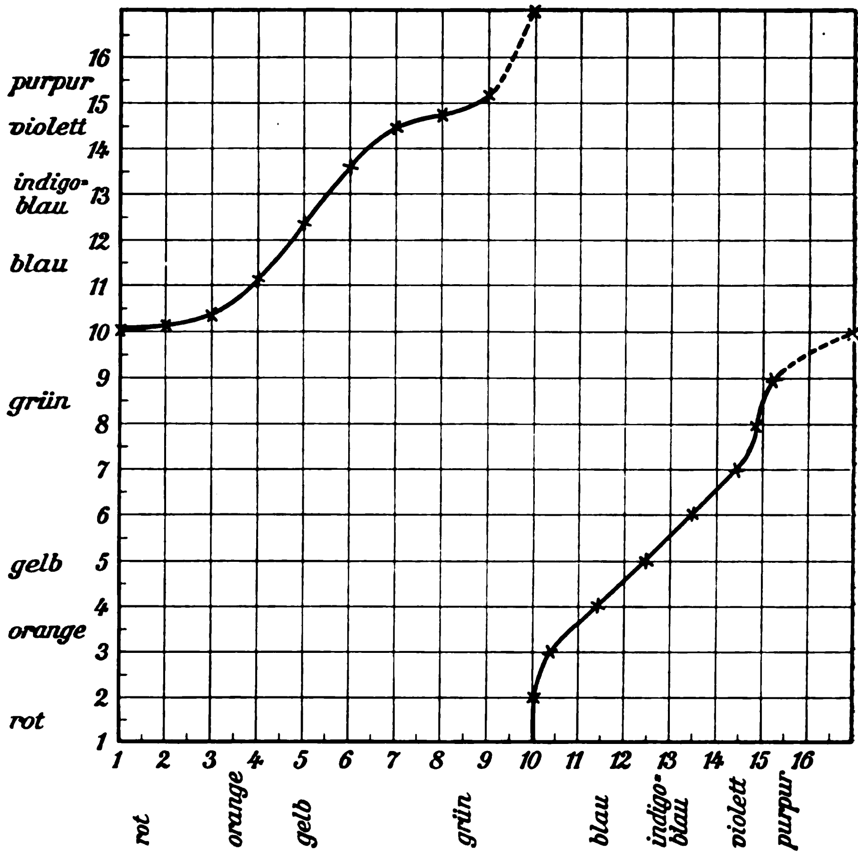
Mit Hilfe dieser Anordnung gestaltete sich der Versuch sehr einfach. Wenn etwa zu Nr. 5 der Farbserie (dem Heringschen Urgelb) die Kompensationsfarbe gesucht wurde, so wurden sukzessiv alle dafür in Betracht kommenden Farbscheiben, also Nr. 12 und 13 durchprobiert. 5 und 12 lieferten ein schwachgelblich, 5 und 13 ein schwachblaurosa gefärbtes Grau. Die Kompensationsfarbe musste demnach zwischen 12 und 13 liegen. Es wurde dann 12 und 13 zusammen mit 5 auf dem Farbenkreisel gemischt und das Sektorenverhältnis von 12 zu 13 und beider zu 5 so lange verändert, bis ein völlig oder annähernd reines Grau resultierte, das mit dem neutralen Grau einer einige Zentimeter hinter der Farbscheibe stehenden Pappwand verglichen werden konnte. Wenn beispielsweise die Mischung von 120° Nr. 12 und 120° Nr. 13 zusammen mit 120° Nr. 5 ein tonfreies Grau ergab, wurde die Kompensationsfarbe zu Nr. 5 als 12,5 bezeichnet.

Versuchsergebnisse.

Um die durch wechselnde Beleuchtung und verschiedene „Stimmung“ des Auges entstehenden Fehler möglichst zu eliminieren, wurde jeder Versuch dreimal (an verschiedenen Tagen) wiederholt. Die intraindividuellen Schwankungen betrugen etwa 0,2—0,25, die interindividuellen (für drei Beobachter) 0,3—0,40 der ersten Dezimalstelle. Die grösseren Schwankungen traten nur bei denjenigen Farbtönen auf, die ein sehr schwer zu definierendes, unbestimmtes Grau lieferten (z. B. Grün und Purpur; vgl. dazu Brentano, Sinnespsychologie, S. 153). Diese Ergebnisse genügen, trotz ihrer nicht unbeträchtlichen Schwankungen, den weiter unten sich ergebenden Aufgaben. Die Resultate sind in der folgenden Tabelle und in der Abbildung 2 (S. 21) zusammengestellt:

Nr.	Farbe	Nr.	Kompensationsfarbe	Mischungsergebnis
1	Urrot (nach Hering)	10	schwach bläul. Grün	dunkles tonfr. Grau
2	etwas Spektralrot	10	schwach bläul. Grün	etwas helleres Grau
3	rötliches Orange	10,45	stärker bläul. Grün	reines mittleres Grau
4	gelbliches Orange	11,30	ganz schwach grün gefärbtes Blau	reines mittleres Grau
5	reines Gelb	12,5	schwach rötl. Blau	helles Grau
6	grünliches Gelb	13,6	bläuliches Violett	dunkles Grau
7	Gelbgrün	14,6	rötliches Violett	dunkles Grau
8	schwach Gelbgrün	14,65	rötliches Violett	dunkles Grau
9	Grün	15,2	Purpur	schwer zu bestimmendes dunkl. Grau

Abb. 2.



In der graphischen Darstellung sind die einzelnen Nummern der Heringschen Farbtöne als Abszissen, die Nummern der dazugehörenden Kompensationsfarben als Ordinaten aufgetragen worden. Wie bei der Darstellung von Helmholtz drücken also die Kurven die Nummern der Kompensationsfarben als Funktionen der Nummern der einfachen Farben aus. Der Vergleich des Kurvenverlaufs mit dem der Helmholtzschen Darstellung weist gewisse Verschiedenheiten auf. Diese sind zweifacher Art. Während bei Helmholtz einzelne Farbtöne, wie z. B. das Gelb im Spektrum, eine sehr schmale Stelle einnehmen, sind die gelben Farbtöne nach der Heringschen Anordnung beträchtlich weiter auseinander gezogen. Der scharfe Knick, der den Verlauf der Helmholtzschen Kurve so auffällig macht, ist daher hier abgerundet. Die zweite Abweichung, derenthalben diese Untersuchungen zunächst angestellt wurden, besteht in der Heranziehung der grünen und purpurnen Farbtöne, die bei Helmholtz fehlten. Die obere (linke) Kurve zeigt in der Gegend der Grünabszisse eine erneute Umknickung horizontalwärts. Grün verhält sich ähnlich wie Rot. Den Veränderungen der Farbtöne vom gelblichen Grün bis zum Grün entsprechen geringfügige Aenderungen der Kompensationsfarben. Erst im bläulichen Grün erfährt die Veränderung der dazugehörenden Kompensationsfarben wieder eine stärkere Steigerung.

In beiden Kurven aber zeigt sich aufs deutlichste eine starke Abweichung der Kompensationsfarben von den sog. Gegenfarben. Die Kompensationsfarben von

(s. unten S. 49 ff.) Urrot, Urgelb, Urgrün und Urblau im Heringschen Sinne sind nicht die entsprechenden Urfarben Urgrün, Urrot und Urgelb, sondern weichen in ganz charakteristischer Weise von ihnen ab. Entsprechendes gilt von den später (s. unten S. 49 ff.) zu besprechenden Kontrastfarben. Schon hier sei darauf hingewiesen, dass in diesen Tatsachen ein wichtiges Argument gegen die Heringsche Auffassungsweise erblickt worden ist.

Das zweite Gesetz der Lichtmischung lautet in der Formulierung Titcheners (a. a. O., S. 69) folgendermassen: „Die Mischung von Farben, die nicht komplementär (keine Kompensationsfarben) sind, ergibt eine Farbenempfindung von einem dazwischenliegenden Ton; dieser Farbton variiert mit dem relativen Anteil der beiden Mischfarben, und die Sättigung mit ihrem geringeren oder grösseren Abstande auf der Farbskala.“ Verwendet man die geschlossene Farbkurve, findet dieses Gesetz auch Anwendung auf solche Farben, die weiter als die Kompensationsfarben auseinander liegen. So liefert Rot und Gelb je nach dem Mischungsverhältnis rötliches oder gelbliches Orange, Rot und Gelbgrün Orange bzw. Gelb, Rot und grünliches Blau, Blau, Violett oder Purpur. Was die Sättigung (bzw. den Gehalt an Weiss und Grau) der so entstandenen Mischfarben anbelangt, so nimmt, wie das zweite Gesetz ausdrückt, im allgemeinen der Sättigungsgrad mit zunehmender Distanz ab. Jedoch zeigen die einzelnen Strecken der Farbkurve bemerkenswerte Unterschiede. Farben, die an den beiden Enden des Spektrums liegen, ergeben bei ihrer Mischung eine fast gesättigte Mischfarbe. Rot und Gelb liefern ein Orange von fast spektraler Sättigung, Blau und Violett ein gleichfalls stark gesättigtes Blauviolett. Die Mischung violetter und spektralroter Farbtöne ergibt gleichfalls stark gesättigte purpurne Farben; allerdings ist hier ein Vergleich mit purpurfarbenen Spektraltönen nicht möglich. Aber Versuche am Farbkreisel, bei denen Rot und Violett gemischt wurden, zeigen, dass der Grad der Verweisslichung bei der Farbenmischung im Vergleich zu den in anderer Weise hergestellten purpurfarbigen Pigmenten ein relativ geringer ist.

Dieses ändert sich, wenn man die Verhaltungsweise der grünen und grünlichen Farbtöne betrachtet. „Hier entsteht durch Mischung nahestehender Farben immer ein minder gesättigter, also ein weisslicherer Farbton als ihn die zwischenliegende Spektralfarbe besitzt[1]). Diese Tatsachen sind, wie weiter unten (S. 108) gezeigt wird, von grosser Bedeutung für die Entscheidung der Frage, ob Grün als eine „einfache“ oder „zusammengesetzte“ Farbe zu betrachten sei.

2. Die Mischung dreier Farben.

Als bedeutsamste Folgerung[2]) ergibt sich aus den oben angeführten beiden ersten Gesetzen der Lichtmischung, dass die Mischung dreier Farben, sofern je zwei von ihnen die Komplementärfarbe der Dritten zwischen sich einschliessen, alle überhaupt möglichen Farbtöne sowie deren Abstufungen zu Weiss liefern[3]). Jedoch können die höchsten spektralen Sättigungsgrade durch Mischung nicht

[1]) Wundt, a. a. O., S. 156; vgl. auch die entsprechenden Versuche von Maxwell, Philos. Mag. 4, vol. 21, 1860, p. 141, zit. nach Wundt, Grdz., ferner Kries, Brentano, a. a. O., S. 28—29 und I. Müller, A. f. O. Bd. 15, Bd. 2, S. 208. Schon letzterer stellte fest: „Alle Mischungen, wo Grün nicht auftritt, sind von demselben Sättigungsgrade wie die entsprechenden Spektralfarben; alle, wo es auftritt, zeigen eine Sättigungsverminderung, und zwar ist diese klein, wenn Grün eine der Komponenten bildet, stärker, wenn es die Mischfarbe selbst ist.“

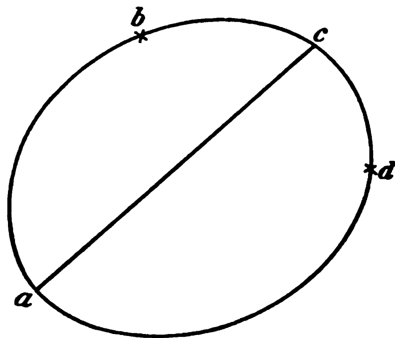
[2]) Die im folgenden als Mischungsgesetz „dreier Farben“ bezeichnet werden soll.

[3]) Vgl. dazu das erste Grossmannsche Gesetz, Helmholtz, a. a. O., S. 112.

immer erreicht werden. Je nach der Auswahl der Farbtripel ist die erreichbare Sättigungshöhe der Mischfarben grösser oder kleiner. Als Beispiel seien die Farben Rot, Grün und Violett gewählt. Aus Rot und Grün können sämtliche Farbtöne vom Orange über Gelb zum gelblichen Grün erzeugt werden. Die gelben Farbtöne haben aber eine weit geringere Sättigung als die Spektralfarben. Aus Violett und Rot sind sämtliche purpurnen Farbtöne zu gewinnen. Grün und Violett endlich liefern die Reihe der blaugrünen, blauen und violetten Farben.

Die Tatsache, dass drei Farben zur Erzeugung aller Farbtöne ausreichen, ist nicht als eine neue Gesetzmässigkeit zu betrachten, sondern sie geht aus den ersten beiden Gesetzen der Farbenmischung ohne weiteres hervor. Man greife, um die Sache schematisch darzustellen, irgend einen Farbton aus der geschlossenen Farbenkurve heraus, etwa den Farbton a. Dieser liefert mit seiner Kompensationsfarbe c nur solche Farbtöne, in denen entweder a oder c als „Bestandteile" in allen Abstufungen mit Weiss enthalten sind (1. Gesetz). Die rechts und links (s. die hier untenstehende Abb. 3) auf der geschlossenen Farbkurve gelegenen Farbtöne können

Abb. 3.



nur durch die beiden Kompensationsfarben keinesfalls hergestellt werden. Zur Erzeugung der links von dieser Kompensationslinie (Verbindungslinie a—c) gelegenen Farben muss also ein links gelegener Farbton b gewählt werden (2. Gesetz). Zur Herstellung der rechts der Kompensationslinie befindlichen Farben ist dementsprechend ein rechts dieser Linie gelegener Farbton d zu wählen. Beachtet man bei der Auswahl von b und d nun noch, dass beide Farbtöne (b und d) bei ihrer Mischung den Farbton c (die Kompensationsfarbe von a) liefern, dann kann man

aus a + b sämtliche zwischen a + b befindlichen Farbtöne,
aus b + d sämtliche zwischen b + d befindlichen Farbtöne,
aus d + a sämtliche zwischen b + d befindlichen Farbtöne,

d. h. alle auf der Farbkurve überhaupt vorhandenen Farbtöne herstellen. Wenn man also mit drei passend gewählten Farben zur Erzeugung aller übrigen Farbtöne der Farbkurve auskommt, so liegt darin keine neue Gesetzmässigkeit vor, kein Novum, das etwa den beiden ersten experimentell sich ergebenden Mischungsgesetzen als gleichwertig an die Seite zu setzen wäre, sondern diese Tatsache erweist sich als durchaus notwendige Folgerung aus der Gültigkeit der beiden Mischungsgesetze und aus dem Umstand, dass sämtliche Farbtöne, wie der phänomenologische Befund anzeigt, sich in einer geschlossenen Farbenkurve anordnen lassen.

Wenn man durch Mischung dreier Farben die übrigen Farbtöne herzustellen vermag, dann muss — so schloss man — diese Tatsache irgendwie basiert sein in dem Bau des die Farbenempfindungen vermittelnden Empfängnisapparates. Entsprechend den drei Grundfarben a, b, d wären etwa drei, in ihrer Struktur und in ihrer Wirksamkeit voneinander verschiedene physiologische Träger α, β, δ, anzunehmen, von denen jeder nur — oder wenigstens in der Hauptsache — für die Aufnahme und Weiterleitung einer der den Grundfarben a, b, d entsprechenden Lichtarten befähigt wäre. Die der Grundfarbe a entsprechende Lichtart würde demnach nur den physiologischen Träger α in Erregung versetzen, das einer zwischen a und b liegenden Mischfarbe entsprechende physikalische Licht würde von α und β gleichzeitig aufgenommen werden usw. Diese Schlussfolgerung, die das Wesentliche der Dreikomponententheorie von Th. Young und von Helmholtz (a. a. O., S. 119) ausmacht, ist einer Kritik zu unterziehen.

Zunächst ist darauf hinzuweisen, dass das „Mischungsgesetz dreier Farben" eigentlich nur einen unteren Grenzfall darstellt. Es sagt aus, dass die Mischung von drei Farben für die Herstellung der übrigen Farbtöne ausreicht, dass mindestens (und nicht **nur**) drei Farben erforderlich sind. Auch die Mischung von vier (bzw. 5, 6 usw.) Farben führt zu dem gleichen Ergebnis, nur mit dem Unterschied, dass mit zunehmender Anzahl der bei der Mischung Verwendung findenden Farben der erreichbare Sättigungsgrad ein immer höherer wird. Die Beschränkung auf eine (irgendwie gedachte) dreikomponentige Anordnung innerhalb unseres Empfängnisapparates hat also lediglich den Vorzug der Einfachheit[1]). Ob dieses Argument, das auf dem Prinzip der einfachsten Lösung basiert, für sich allein genügende Beweiskraft besitzt, darf wohl mehr als zweifelhaft erscheinen. Andere Beweismittel, denen die Dreikomponententhorie zu ihrer Unterstützung dringend bedarf, um ihre Gültigkeit im Kampf mit andern Hypothesen zu erweisen, sind aber aus den bisher behandelten Gebieten nicht zu gewinnen und werden — ebenso wie die ausserordentlich schwerwiegenden Gegenargumente — erst in den folgenden Kapiteln herangezogen werden.

Aus dem oben gesagten geht hervor, dass andere Hypothesen, die auf eine vier- oder mehrkomponentige Weise das Zustandekommen der farbigen Gesichtsempfindungen zu erklären versuchen, das Mischungsgesetz „dreier Farben" mit derselben Berechtigung als Basis benutzen können. Keine der unter dieses Gesetz fallenden Tatsachen spricht gegen eine mehr als dreikomponentige Lösung. Die mit der steigenden Anzahl der „Grundempfindungen" sich ergebende Zunahme der erreichbaren Sättigung würde sogar eher zugunsten dieser Lösungsversuche zu buchen sein.

Einer Dreikomponententheorie erwüchse nun die Aufgabe,

1. den Bau und die Funktionsweise der physiologischen Träger und
2. die drei Grundempfindungen ihrem Farbton nach näher zu bestimmen.

[1]) Vgl. die Bemerkung von Th. Young, zit. nach Donders, a. a. O., S. 162: „eine beschränkte Anzahl, z. B. drei für die Hauptfarben, . . ."; vgl. ferner Ebbinghaus: „Theorie des Farbensehens." Z. Ps. 5, S. 153: „Die ursprüngliche Helmholtzsche Theorie hatte die starken Wurzeln ihrer Kraft in der frappanten Einfachheit und Sparsamkeit, mit der sie aus einem Minimum von Grundvoraussetzungen, so komplizierte Erscheinungen wie z. B. die Erscheinungen der Farbenmischung... abzuleiten vermochte." sowie S. 157: „Man müsste sich zwar sagen, dass Verhältnisse, die der Mensch durch drei Kurven, d. h. drei variable, rechnerisch nachbilden und doch immer nur annähernd nachbilden kann, deshalb nicht notwendig von der Natur mit derselben Sparsamkeit vorgebildet zu sein brauchen."

Es ist aber daran festzuhalten, dass durch die mehr oder weniger glückliche Lösung dieser Spezialaufgabe die Gültigkeit der Dreikomponententheorie selbst prinzipiell nicht tangiert wird (vgl. I. v. Kries, a. a. O., S. 127, sowie die Bemerkung von Helmholtz, a. a. O., I, S. 292: „... dass an sich jede beliebige Farbtripel gewählt werden kann"). Die erste Aufgabe ist hinsichtlich der vorliegenden Problemstellung nur von untergeordnetem Interesse. Ob man im Anschluss an Th. Young drei verschiedene Nervenfasern oder wie Helmholtz drei verschiedene Tätigkeiten innerhalb derselben Nervenfaser oder drei verschiedene Sehstoffe annimmt, ist ziemlich unwesentlich, wird auch vorderhand nur in Form einer Hypothese zu beantworten sein. Ungleich wichtiger ist die zweite Aufgabe. In dem vorigen Abschnitt (s. S. 16 ff.) wurde bereits auf mehrere Argumente hingewiesen, die für eine Wahl der Grundfarben Rot, Grün und Violett sprachen.

1. Rot und Violett sind die beiden Endfarben des Spektrums.

2. Rot, Grün und Violett nehmen im Verhältnis zu den andern Farben einen relativ grossen Raum im Spektrum ein.

Besonders das äusserste Rot behält auf eine ziemlich grosse Strecke hin seine Farbe bei und kann also kaum als Mischfarbe, die durch Erregung drei verschiedener physiologischer Träger zustande käme, aufgefasst werden.

„Lässt sich erwarten," so fragt Donders (A. f. O., Bd. 27, 1. Abt., S. 168) „dass bei ein und derselben Wellenlänge die drei Arten von Molekülen (bzw. von physiologischen Trägern) Schwingungen annehmen, Schwingungen, deren Intensitäten, wie aus der Lage der Maxima schon hervorgeht, für jede der drei Arten andere Funktionen der Wellenlänge sind? Sowohl von genetischem als von einem chemischen Gesichtspunkte aus wäre das ein Rätsel." Erst wo sich im Spektralband der Farbton des Rot „merklich ändert, kann von einer zukommenden Energie, ... von dem Zusammenwirken der drei Energien die Rede sein". Darin liegt eingeschlossen, dass das äusserste Rot eine der Fundamentalfarben darstellt. Entsprechendes würde von Violett gelten. „Sind nun Roth und Violett zwei der Fundamentalfarben, so kann nur Grün die Dritte sein."

Einige andere Argumente für die Auswahl der Grundfarben bieten gewisse Erscheinungen der Farbenmischung. Wenn bestimmte farbige Lichtreize in physiologischer Hinsicht sich auszeichnenden „Grundempfindungen" entsprechen sollen, so müssten diese „Grundempfindungen" dadurch charakterisiert sein, dass sie von den ihnen entsprechenden Lichtreizen in weit gesättigterem Zustande hervorgerufen werden als durch Mischung je zwei benachbarter Farben. In der Tat wurden solche Unterschiede in der Sättigung der Mischungsergebnisse schon festgestellt. Besonders auffällig (s. oben S. 22) war die Erscheinung beim Grün. Es gelingt niemals, durch Mischung (etwa von Blaugrün und Gelbgrün) das reine Grün in auch nur annähernd gesättigtem Zustande herzustellen. Entsprechendes — wenn auch nicht in so ganz ausgeprägtem Maße — würde für Rot und Violett gelten. Auch aus Orange und Purpur sowie aus Blau und Purpur ist ein spektral gesättigtes Rot bzw. Violett nur annähernd herzustellen. Allerdings wird die Beweiskraft dieses Argumentes erheblich dadurch abgeschwächt, dass auch bei Gelb und Blau durch Mischung benachbarter Farbtöne die spektrale Sättigung keineswegs erreicht werden kann.

Diese Tatsachen leiten über zu einer zweiten Forderung, die bei der richtigen Auswahl der Grundfarben realisiert sein muss! Die Auswahl der drei Grundempfindungen muss so getroffen werden, dass die bei ihrer Mischung sich ergebenden Mischfarben von möglichst hoher Sättigung sind! Auch hier zeigt sich, dass unter den Farbtripeln Rot, Grün und Violett am besten diesen Anforderungen

entsprechen. Zwar können Blau aus Grün und Violett, sowie Gelb aus Rot und Grün — wie soeben erwähnt — nicht in ihrer vollen spektralen Sättigung hergestellt werden. Aber diese Verhältnisse gestalten sich noch weit ungünstiger, wenn man eine andere Dreizahl wählt. Dies gilt besonders von Rot, Gelb und Blau, die seit Newton lange Zeit als die drei Grundfarben betrachtet wurden. Denn aus der Mischung von Gelb und Blau ist — wenn man kein grünliches Gelb oder Blau nimmt — überhaupt kein Grün zu erhalten. „Diese drei Grundfarben konnten nur so lange gewählt werden, als man auf die Mischung der Pigmentfarben vertrauend fälschlich meinte, gelbes und blaues Licht gäben Grün" (Helmholtz, a. a. O., S. 118). Immerhin, die Tatsache, dass auch aus Violett, Grün und Rot keine gesättigten Mischfarben zu gewinnen sind, ist der Dreikomponententheorie nicht allzu günstig[1]). Man müsste zu der hypothetischen Folgerung greifen, „dass es noch eine Reihe von gesättigteren Farbenempfindungen geben müsse, als diejenigen sind, welche bei gewöhnlichem Zustande des Auges durch objektives Licht, selbst durch das des Spektrums, hervorgerufen werden" (Helmholtz, a. a. O., S. 122). Die durch Kontrastwirkung gegebene Möglichkeit, die Sättigung auch der spektralen Lichter noch etwas zu steigern, scheint dieser Hypothese eine gewisse Berechtigung zu verleihen. Hieraus wären dann die verschiedenen Grade der Farbensättigung zu erklären, die bei den Spektralfarben selbst wie bei ihren Mischungsprodukten beobachtet werden. Wenn auch die Möglichkeit (und Brauchbarkeit) dieser Hypothese nicht geleugnet werden soll, so ist es doch als misslich zu bezeichnen, die eine Hypothese (die Dreikomponententheorie) durch eine Hilfshypothese wieder stützen zu wollen. Es gilt daher, nach weiteren Tatsachen zu suchen, die eine Entscheidung im Für und Wider der Dreikomponententheorie gestatten. Helmholtz glaubt solche entscheidenden Stützen in den Erscheinungen der Farbenblindheit gefunden zu haben.

Farbenanomalien.

1. Individuelle Unterschiede bei Mischungsgleichungen.

Wie die Ergebnisse auf Seite 20 zeigen, bestehen bei der Herstellung farbloser Lichtgemische zweier Kompensationsfarben zwischen verschiedenen Beobachtern gewisse interindividuelle Differenzen, die, wie es scheint, ausserhalb der durch die Versuchsmethoden bedingten Fehlergrenzen liegen. Recht deutlich sind diese individuellen Unterschiede bei Kries (s. a. a. O., S. 122, Abb. 17, sowie seine Tabelle S. 122) graphisch und tabellarisch festgestellt. Nach den Arbeiten von Kries, Frey und Sachs[2] beruhen diese Verschiedenheiten mit hoher Wahrscheinlichkeit auf einer ungleich starken Gelbfärbung der Makula bei den verschiedenen Individuen. Es würde sich demnach hier um Absorptionserscheinungen und um Differenzen handeln, die in der anatomischen Struktur der Netzhaut ihren Ursprung haben (vgl. aber hierzu Gullstrand, „Die Farbe der Macula centr. retin.", A. f. O., Bd. 62, 1 ff. nach dem die Makulapigmentierung lediglich eine postmortale Erscheinung

[1]) Vgl. auch Helmholtz, a. a. O., S. 118, der im Anschluss an das oben zitierte fortfährt: „Etwas besser würde es gehen, wenn man Violett, Grün und Rot wählte."

[2]) Kries und Frey, Arch. f. Anat. u. Physiol., physiolog. Abt. 1878, sowie Sachs, Arch. f. d. ges. Physiologie, Bd. 50.

ist). Jedenfalls handelt es sich bei diesen interindividuellen Schwankungen um derartig geringe Beträge, dass sich irgend welche Schlussfolgerung für die hier interessierenden Fragen nicht gewinnen lassen.

2. Anomale trichromatische Systeme.

Um qualitativ und quantitativ wesentlich von den obigen verschiedene Erscheinungen handelt es sich bei den sog. anomalen Trichromaten. Die vollständig farbtüchtigen Individuen, die, wie oben auseinandergesetzt, mit Hilfe dreier verschiedener Farbtöne alle übrigen durch Mischung herzustellen vermögen, werden bekanntlich Trichromaten genannt. Auch die als „anomale Trichromaten" (der Terminus stammt von König, Z. Ps., Bd. 4, S. 293) bezeichneten Individuen sind — wie die Farbtüchtigen — imstande, aus drei Farben die übrigen zu gewinnen. Jedoch zeigen sich bei ihnen gewisse Differenzen gegenüber den völlig Farbtüchtigen, die ihr Farbenempfinden als ein „anomales" kennzeichnen. Bei der Herstellung einer sog. Raleighgleichung, d. h. einer Gleichung zwischen einem bestimmten, gelb aussehenden Rotgrüngemisch mit einem homogenen Gelb, zeigt es sich, dass einzelne Personen mehr Grün (und zwar deutlich mehr!), andere mehr Rot verwenden mussten als die Farbentüchtigen (vgl. Donders, Du Bois-Reymonds Arch. 1884, phys. Abt., S. 533). Ein dem Anomalen als Gelb erscheinendes Gemisch sah demnach für das normale Auge deutlich grün bzw. rot aus. Diese auffällige Erscheinung lässt sich so verstehen, als ob das grüne (bzw. rote) Licht von dem anomalen Auge nicht mit der farbigen Intensität empfunden wird wie von dem normalen, und dass daher quantitativ mehr von dem schwächer wirkenden Grün (bzw. Rot) benutzt werden muss, um ein gelb erscheinendes Gemisch zu erzeugen. Beide Formen der anomalen Trichromasie werden daher auch als Grün- und Rotanomale (Kries, a. a. O., S. 125) bzw. als Grünschwache und Rotschwache (Guttmann, Z. Ps. II. Bd. 42, S. 24) bezeichnet. Von Wichtigkeit ist, hervorzuheben, dass diese Abweichungen nicht auf Verhältnisse der Lichtabsorption zurückgeführt werden können (vgl. Kries, a. a. O., S. 125, sowie die ebenda angeführte Arbeit von M. Levy, „Ueber einen zweiten Typus des anomalen trichromatischen Farbensystems", Diss. Freiburg 1903, zit. nach Guttmann, a. a. O. S. 30). Die Anomalie muss also auf einer abweichenden Struktur der farbenempfindenden Apparatur beruhen. Diese anomalen Trichromaten weisen nun, wie die Arbeiten von König, Nagel, Guttmann (vgl. König, a. a. O., Nagel, Z. Ps. II, Bd. 41, S. 347 ff., sowie Guttmann, a. a. O.) beweisen, noch eine Reihe anderer Eigentümlichkeiten auf. Nicht nur die Schwellenwerte für die Farbtöne, für die eine besondere „Schwäche" vorliegt (bei den Grünanomalen also für Grün, bei den Rotanomalen für Rot), sind heraufgesetzt, auch die Schwellenwerte für die übrigen Farben (vgl. besonders die Untersuchung Guttmanns) zeigen um ein mehrfaches gesteigerte Masszahlen. Sowohl die Dauerschwellen (die für das Erkennen einer Farbe erforderlichen

Erkennungszeiten), wie die Raumschwellen (die zum Erkennen der Farben nötigen Winkelgrössen), wie die Intensitätsschwellen sind für alle Farbenschwachen beträchtlich erhöht, ganz besonders natürlich für Grün bzw. Rot (vgl. auch die eigenen Versuche an einem Grünanomalen weiter unten S. 84, sowie S. 120 ff.). Ausserdem zeigt sich bei den Farbenschwachen eine stark gesteigerte Kontrastwirkung. Guttmann gelangt daher auf Grund seiner Untersuchungen zu dem Schlusse, dass Farbenschwäche mit anomaler Trichromasie identisch sei. Hiergegen wendet sich Nagel („Zur Nomenklatur der Farbensinnstörung“, Z. Ps. II, Bd. 42, S. 65), der die prinzipielle Möglichkeit offen lassen will, dass „Farbenschwäche“ allein vorkommen könne, d. h. also eine durch erhöhte Schwellenwerte für sämtliche farbigen Gesichtsempfindungen charakterisierte Schwäche ohne eine deutlich hervortretende Benachteiligung bestimmter Farbtöne.

Beobachtet wurden also hauptsächlich zwei Arten von Farbenschwäche bzw. anomaler Trichromasie, Grün- und Rotanomale. Ueber Anomalien, die durch eine „Schwäche“ für andere Farben, etwa Gelb, Blau oder Violett charakterisiert wären, ist bisher noch nichts bekannt geworden. Wer auf dem Boden der Helmholtzschen Hypothese steht, mag in dem Obigen eine weitere Bestätigung der Dreikomponententheorie erblicken. Im Falle einer Grünschwäche würde es sich — da, wie oben angeführt, Absorptionswirkungen nicht in Frage kommen — um eine funktionelle Minderwertigkeit der grünempfindenden physiologischen Träger, im Falle einer Rotanomalie um eine Funktionsschwäche der rotempfindenden Apparatur handeln. An weiteren Formen wäre demnach höchstens noch eine Violettschwäche zu erwarten.

Die Erscheinungen der Farbenschwäche finden durch diese Theorie eine recht einfache Deutung und es ist immerhin als eine für die Wahrscheinlichkeit einer bestimmten Hypothese sprechendes Argument zu buchen, wenn es dieser gelingt, bestimmte Phänomene in zwangloser Weise zu erklären. Für die Heringsche Theorie ergeben sich dagegen beträchtliche Schwierigkeiten. Nach der Vierfarbentheorie müssten, falls nicht wieder Hilfshypothesen herangezogen werden[1]), Rotschwäche unlöslich mit Grünschwäche verknüpft sein, da der Rot- und der Grünprozess an die Funktionsweise ein und derselben Substanz gebunden gedacht wird. Die Tabellenzahlen Guttmanns sprechen aber deutlich für die Schwächung nur einer dieser beiden Farbenempfindungen. Die Auffassung der Heringschen Schule, die in den anomalen Trichromaten völlig Farbentüchtige mit blossem Ueberwiegen des Gelb- oder Blausehens sehen wollte[2]), darf nach den Untersuchungen Guttmanns wohl als erledigt gelten.

---

[1]) Solche Hilfshypothesen sind besonders von G. E. Müller herausgearbeitet worden, auf die bei der partiellen Farbenblindheit einzugehen sein wird.

[2]) Die relativ gelbsichtigen Farbentüchtigen sollen durch erhebliche bessere Auswertung der langwelligen und schlechtere Auswertung der kurzwelligen Strahlen gekennzeichnet sein; vgl. hierzu besonders Fröbes Psychologie.

Die Wundtsche Stufentheorie, nach der eine auf besonderen physiologischen Bedingungen fundierte Hervorhebung bestimmter Farbtöne nicht anerkannt wird, steht dagegen mit den oben angeführten Tatsachen der Farbenschwäche gleichfalls in Einklang. Wenn die chromatische Reizung nur eine Funktion der Wellenlänge und der Amplitude der Schwingungen ist (s. Wundt, Grdz., S. 253), wenn also, um die nächstliegende Annahme zu machen, gewisse Sehstoffe (Wundt, Grdz., S. 259) auf die verschiedenen Wellenlängen der Reizlichter in verschiedener Weise reagieren, dann liegt die Möglichkeit offen, dass diese Sehstoffe (oder wie man sich die physiologischen Korrelate sonst denken mag) gewissen Partien von Wellenlängen gegenüber eine geschwächte Funktionsweise aufweisen können. Auch könnten diese Sehstoffe bestimmten Wellenlängenabschnitten gegenüber eine besondere Funktionsschwäche aufweisen. Im übrigen aber müsste nach dieser Theorie jede einzelne (mehr oder weniger grosse) Farbengruppe bzw. die Gesamtheit aller Farbenempfindungen überhaupt eine Funktionsschwäche der ihnen entsprechenden physiologischen Träger aufweisen können.

Ein Vergleich dieser aus der Stufentheorie sich ergebenden Folgerungen mit den Erscheinungen der anomalen Trichromasie ergibt eine gute Uebereinstimmung. Dass die Anomalien der Trichromaten sich hauptsächlich auf zwei Farben, auf rot und grün beschränken, braucht also keineswegs als ein entscheidendes Argument für eine physiologische Ausnahmestellung dieser Farben bewertet zu werden, wie dieses von seiten der Dreikomponententheorie geschehen ist, sondern könnte ebensogut auf einer dispositionellen Funktionsschwäche der Sehsubstanz für „Rot"- bzw. „Grünwellen" beruhen, z. B. in dem Sinne, dass die Farbenempfindungen rot und grün bei einer der tierischen Entwicklung parallel gehenden „Entwicklung der Lichtempfindungen" (Wundt, a. a. O., S. 261) erst in einem verhältnismässig späten Stadium ausgebildet worden sind und demgemäss (vgl. auch die Erscheinungen der partiellen Farbenblindheit und des peripheren Sehens) einen weit labileren Charakter aufweisen als die übrigen farbigen Gesichtsempfindungen. Hierfür spricht auch erstens, dass die Erscheinungen der anomalen Trichromasie, wie Nagel, Kries und Guttmann übereinstimmend berichten, alle möglichen Abstufungen von dem völlig normalen Sehen durch die verschiedenen Grade der Farbenschwäche hierdurch bis zum dichromatischen Sehen aufweisen und zweitens, dass mit einer Farbenschwäche für bestimmte Farbtöne meist auch eine (wenn auch weniger stark entwickelte) Schwäche für die anderen Farben verbunden ist. Auch muss darauf hingewiesen werden, wie unsicher solche Bezeichnungen wie „Grün- und Rotschwäche" hinsichtlich der genauen Fixierung des Farbtones sind. Da Rot und Grün im Spektralbande einen verhältnismässig breiten Raum einnehmen und eine grosse Anzahl von qualitativ stark verschiedenen Farbtönen (rot-purpur bis orange, grün-gelbgrün bis blaugrün) unter sich begreifen, ist noch gar nicht ausgemacht, ob bei Grün bzw. Rotschwäche wirk-

lich immer derselbe Farbton für eine Schwächung in Frage kommt. Guttmann arbeitet z. B. in der Hauptsache mit den vier Farben rot, gelb, grün, blau. Es ist daher sehr wohl möglich, dass für ein Individuum beispielsweise eine Gelbgrün-, für das andere eine Blaugrünschwäche vorliegt, Differenzen, die durch eine solche ungenaue Bezeichnung wie „Grünschwäche" einfach verdeckt werden.

Gerade diese Tatsache[1]), dass die Erscheinungen der Farbenschwäche durchweg eine genaue Präzision hinsichtlich der Bestimmung des Farbtons, für den eine herabgesetzte Empfindlichkeit vorliegt, vermissen lassen, und von Fall zu Fall beträchtliche Differenzen, Abstufungen und Variationsmöglichkeiten aufweisen, wird von der Wundtschen Stufentheorie mit Erfolg verwertet. Auch ein von Nagel untersuchter Fall einer allgemeinen Farbenschwäche (vgl. Nagel, zur Nomenklatur der Farbensinnstörungen, Z. Ps. II, Bd. 42, S. 65) findet durch die Wundtsche Theorie eine befriedigende Erklärung. Hier würde, wie oben schon ausgeführt, eine allgemeine Funktionsschwäche der physiologischen Empfindungsträger vorliegen. (Nebenbei: Auch manche noch nicht endgültig geklärte Schwierigkeiten betreffs des Farbensinns der Tiere [Hess-Frisch'sche Kontroverse] weisen nach dieser Richtung.)

Zusammenfassend wäre also folgendes festzustellen: Den Erscheinungen der anomalen Trichromasie werden beide Theorien, die Dreikomponententheorie wie die Stufentheorie gerecht, während die Vierfarbentheorie Herings Schwierigkeiten begegnet. Eine Entscheidung darüber, ob die Bevorzugung des Rot und Grün, die darin liegt, dass nur für diese Farben eine besonders stark verminderte Empfindlichkeit nachzuweisen ist, genügt, um eine physiologische Ausnahmestellung dieser Farben zu postulieren oder ob diese Bevorzugung durch die Wundtsche Auffassungsweise ihre genügende Aufklärung findet, kann vorderhand noch nicht getroffen werden.

3. Dichromatische Systeme.

Als „Dichromaten" werden nach dem Vorgang Königs (Arch. f. O., II. Abt., Bd. 30, S. 156) alle diejenigen zusammengefasst, bei denen die Gesamtheit der Farbenempfindungen durch Mischung zweier Lichter hergestellt werden kann.

Die Tatsachen der sog. partiellen Farbenblindheit sind in besonders ausgiebigem Maße von den Vertretern der verschiedensten Theorien für ihre Zwecke verwertet worden. Fast alle Hypothesen glaubten und glauben in ihnen eine Stütze gefunden zu haben. Demgegenüber ist es nicht unangebracht, auf die mahnenden Worte Wundts hinzuweisen. Wundt sagt a. a. O., S. 213: „Da man nicht nur an die Untersuchungen der Erscheinungen der Farbenblindheit im ganzen, sondern sogar an die Beobachtung der ein-

[1]) Dasselbe gilt in weit höherem Maße für die weiter unten zu behandelnden Phänomene der partiellen Farbenblindheit.

zelnen Fälle sofort mit einer abgeschlossenen Theorie heranzutreten pflegt, so ist auch kaum zu erwarten, dass sich bei dieser Untersuchung etwas anderes herausstellen werde als eben eine wohl oder übel zustandekommende Bestätigung dessen, was eine solche Theorie fordert. Darum ist die Geschichte der Farbenblindheit in ihrer engen Verschwisterung mit der Geschichte der Farbentheorien ein belehrender Beleg für die alte Baconsche Warnung vor den idola theatri, vor jenen „Götzenbildern des Verstandes", als die er die Meinungen der Schulen ansah." Diese Mahnung mag hier in dem Sinne interpretiert werden, dass auch den einschlägigen Arbeiten der Wundtschen Schule gegenüber, so weit eine Verquickung mit theoretischen Folgerungen in Frage kommt, die erforderliche Vorsicht beobachtet werde. Im folgenden sollen daher Tatsachen und Hypothesen besonders scharf auseinandergehalten werden.

Infolge der ausserordentlichen Bedeutung, die den dichromatischen Farbensystemen in theoretischer wie in praktischer Hinsicht beigelegt worden ist, ist die Literatur darüber fast unübersehbar geworden. Daher können hier nur die wichtigsten Arbeiten (etwa 35) berücksichtigt werden. Eine solche Beschränkung ist um so mehr geboten, als man sich gegenüber den Erscheinungen der partiellen Farbenblindheit sowohl was die Feststellung der Tatsachen als ihre theoretische Deutung anlangt, nach wie vor auf einem äusserst unsicheren und schwankenden Boden befindet, der sichere Entscheidungen hinsichtlich der Frage nach der Sonderstellung einzelner Farben auch heute noch nicht gestattet (vgl. auch unten S. 48).

Die erste umfassendere Darstellung der Farbenblindheit, die gleichzeitig eine theoretische Erklärung zu liefern versucht, findet sich bei Helmholtz in der ersten Auflage seiner Phys. Optik (S. 294 ff.). Die Tatsachen der Farbenblindheit werden hier in unmittelbarem Anschluss an die Ausführungen über die Youngsche Farbentheorie erörtert. Sie werden ganz offensichtlich als Hauptargumente der Dreikomponententheorie verwertet und sollen besonders dazu dienen, eine Auswahl der drei Grundfarben festzulegen[1]). Helmholtz verweist besonders auf die Untersuchungen Seebecks (Pogg. Ann. Bd. 42), der zwei Klassen von Farbenblinden unterschied, die später von Kries als Protanopen und Deuteranopen bezeichnet wurden. Beide Klassen sind dadurch charakterisiert, dass sie im Spektrum „nur zwei Farben sehen, die sie meist blau und gelb nennen", während die dem normalen Auge rot erscheinenden Farbtöne mit gewissen, dem normalen Auge grün erscheinenden Farben verwechselt werden. Diese Beobachtungen führten zu dem Schlusse, dass an Stelle der drei Grundfarben der Trichromaten für den partiell Farbenblinden die Mischung zweier Farben zur Herstellung aller für sie möglichen Farbenempfindungen genügt. Diese An-

[1]) Schon Helmholtz konnte sich dabei auf eine an Einzelbeobachtungen sehr reiche Literatur stützen. Auf S. 308 seiner Psysiol. Opt., 1. Aufl., finden sich über 30 Abhandlungen angeführt.

sicht ist (vgl. Helmholtz, a. a. O., S. 294) zuerst von Herschel (in einem Briefe, der angeführt ist in G. Wilson, „On Colour-blindness", Edinburgh 1855, P. 60, zit. nach Helmholtz) ausgesprochen worden und wurde dann durch die Untersuchungen von Maxwell und Helmholtz selber bestätigt. Auch spätere Untersuchungen [1]) führten zu demselben eindeutigen Ergebnis.

Die Unterschiede zwischen den beiden Klassen bestehen nun in der Hauptsache in folgendem: Die eine Klasse (Seebecks zweite Klasse, die sog. Protanopen von I. v. Kries) zeichnet sich dadurch aus, dass das rote Ende des Spektrums den Farbenblinden verkürzt erscheint und dass ein gewisses Spektralrot mit einem bläulichen Grün verwechselt wird, während die andere Klasse (Seebecks erste Klasse, die Deuteranopen von I. v. Kries) eine solche Verkürzung am roten Ende des Spektrums nicht aufweist und ein etwas gelberes Grün mit dem spektralen Rot verwechselt.

Bis hierher bewegt sich die Helmholtzsche Darstellung vollständig auf dem Boden sorgsamst beobachteter Tatsachen, deren Richtigkeit auch heute noch feststeht. Die daran anschliessenden Ausführungen aber sind hypothetischer Natur. Helmholtz sieht in diesen Beobachtungen nicht nur starke Argumente für die von ihm übernommene Youngsche Hypothese, sondern glaubt jetzt auch eine Entscheidung in der Auswahl der drei Grundfarben treffen zu können. „In der Youngschen Hypothese kann die dem farbenblinden Auge unsichtbare Farbe nur eine der Grundfarben sein, denn wenn alle Grundfarben empfunden werden, kann keine andere Farbe, die ja aus den Grundfarben zusammengesetzt ist, fehlen" (Phys. Opt. 1867, S. 291 und Phys. Opt. III. Aufl., Bd. II, 1911, S. 125). Die Verkürzung des roten Spektralbandes bei der einen Klasse scheint nun gleichsam ad oculos zu demonstrieren, dass die Empfindung des Rot fehlt, dass Rot demnach eine der Grundfarben darstellen muss und dass hier eine physiologische Ausfallserscheinung, eine Lähmung oder ein Funktionsverlust der „rot empfindenden Nerven" vorliegt. „Wenn nun wirklich ein dem äussersten Rot des Spektrums nahestehendes Rot die eine Grundfarbe ist, so können die beiden andern wenigstens nicht bedeutend von dem von Young gewählten Grün und Violett abweichen." Die erste Klasse Seebecks (Deuteranopen) würde demnach nach Helmholtz eine Unempfindlichkeit der „grün empfindenden Nerven" aufweisen müssen. Helmholtz bezeichnet dementsprechend die zweite Klasse Seebecks (Protanopen) als Rot-Blinde, die erste Klasse (Deuteranopen) als Grün-Blinde. Die sog. Tritanopie, die von den Vertretern der Helmholtzschen Theorie als Violettblindheit gedeutet wurde, war damals noch nicht bekannt.

---

[1]) Vgl. die Darstellung der für die Dichromaten gültigen Mischungsgesetze durch Aichwertkurven bei I. v. Kries, Z. Ps. Bd. 13. S. 253 ff. und in Ges. Empf., S. 155, sowie bei König und Diterici: Die Grundempfindungen in normalen und anomalen Farbensystemen und ihre Intensitätsverteilung im Spektrum; Z. Ps. Bd. 4. S. 256.

Die Erscheinungen der Farbenblindheit schienen damit zunächst eine einfache und befriedigende Erklärung gefunden zu haben und deutlich für eine physiologische Sonderstellung dreier Grundfarben zu sprechen. Aber schon die weiteren Schlussfolgerungen, die Helmholtz in seiner Phys. Opt. aus der Youngschen Theorie ziehen musste, geben zu ernsten Bedenken Anlass. „Daraus würde nun folgen, dass die Rotblinden nur grün, violett und ihre Mischung, das Blau, empfinden. Das spektrale Rot, welches nur schwach die grünempfindenden, fast gar nicht die violettempfindenden Nerven zu erregen scheint, müsste ihnen „danach als gesättigtes lichtschwaches Grün erscheinen". „Spektrales Gelb wird als lichtstarkes gesättigtes Grün erscheinen." Grün wird, weil im Grün schon die violettempfindenden Fasern miterregt werden, eine zwar lichtstärkere, aber weisslichere Abstufung derselben Farbe sein wie rot und gelb. Am kurzwelligen Ende des Spektrums würden dann die violettempfindenden Fasern die Ueberhand gewinnen und die Empfindung des Blau überwiegen. „Weiss im Sinne der Rotblinden ist natürlich eine Mischung ihrer beiden Grundfarben in einem bestimmten Verhältnis, welches uns grünblau erscheint, daher sie denn auch die Uebergangsstufen von grün zu blau für graue Farben erklären" (vgl. sämtliche obigen Zitate Phys. Opt. I. Aufl., S. 298. Diese Sätze sind aber auch in der dritten Auflage von 1911 unverändert übernommen!). Ganz entsprechendes würde nun für die Grün- und Violettblinden gelten, wenn auch Helmholtz keine weiteren Ausführungen macht.

Diese Folgerung, dass der Rotblinde die roten und gelben Farben grünlich, die weissen Lichter grünlichblau sehen müsse, haben zunächst etwas stark Befremdendes an sich. (Vgl. Donders, Ueber Farbensysteme, Arch. f. Ophth. Bd. 27, I. Abt., S. 216: „Was das gesamte Licht hervorbringt, muss notwendig die Manifestation des gesamten Prozesses sein, und der Natur der Dinge nach ist dieser, im Gegensatz zu den partiellen, neutral..." „Farbenblinde, die sich von ihren Empfindungen Rechenschaft geben, sehen im Weiss keine dritte Farbe, sondern die Negation der beiden andern, etwas Neutrales." „Niemand kann denn auch glauben, dass das Weiss für den Grünblinden ein farbiges Purpur sein sollte, wie es für das normale Auge aus rot und violett gebildet wird, und niemand hat es jemals geglaubt.") Aber wer auf dem Boden der Young-Helmholtzschen Theorie (wenigstens in seiner in der Phys. Opt. vorliegenden Fassung) steht, wird sich dem Zwang dieser Schlüsse schlecht entziehen können. Die Schwierigkeit, diese und ähnliche Schlüsse auf ihre Gültigkeit zu prüfen bzw. zu widerlegen, besteht darin, dass man keinerlei Auskunft darüber erlangen kann, wie die Farbenblinden nun die Farben im Vergleich zum Normalsichtigen wirklich sehen. Ein solcher Einblick in die tatsächliche Empfindungswelt des Farbenblinden ist nur dann möglich, wenn eine erworbene Farbenblindheit und damit eine Vergleichsmöglichkeit mit den früher empfundenen Farben oder eine monokulare

Farbenblindheit vorliegt, die einen Vergleich zwischen den Empfindungen des normalen und des farbenblinden Auges gestattet. Solche Fälle, die natürlich von ganz ausserordentlich hohem theoretischem Interesse sind, sind in einer beschränkten Anzahl neuerdings zur Beobachtung gelangt und werden weiter unten (S. 36 ff.) besprochen werden. Sie beweisen, dass die Schlussfolgerungen Helmholtz' in der oben gegebenen Formulierung nicht zurecht bestehen. An sich stellen sie jedoch keine glatte Widerlegung der Young-Helmholtzschen Theorie dar, da es anderen Forschern (Donders, Kries, Nagel) gelungen ist, durch gewisse Modifikationen dieser Theorie die Widersprüche teilweise wenigstens zu beseitigen.

Die Helmholtzsche Deutung der Farbenblindheit war eine Zeitlang von ausschlaggebender Bedeutung. Alle neuen Beobachtungen wurden lediglich unter dem Gesichtswinkel der Helmholtzschen Theorie betrachtet. Eine besonders gefährliche Rolle spielten solche Bezeichnungen wie „Rot- und Grünblindheit". Mit vollem Recht hat man später auf das Unzulässige einer derartigen Bezeichnungsweise hingewiesen (Kries, a. a. O., S. 152), die darin besteht, dass man in solchen Terminis, die lediglich Tatsachen zum Ausdruck bringen sollen, von vorneherein theoretische Anschauungen festlegt. So konnte es geschehen, dass fast alle zur Beobachtung gelangten Fälle von Farbenblindheit einfach unter die beiden Rubriken der „Rot- und Grünblindheit" registriert wurden, ohne dass man sich des Problematischen dieser Bezeichnungsweise bewusst wurde.

Die eine Zeitlang fast unbeschränkte Herrschaft der Helmholtzschen Auffassungsweise wurde abgelöst durch Herings Theorie der Gegenfarben, die in den Phänomenen der Farbenblindheit gleichfalls ihre beweiskräftigsten Argumente zu erblicken glaubt. Das physiologische Geschehen in der Netzhaut ist nach Hering bekanntlich in einer vier- (bzw. sechs-) komponentigen Weise geregelt. Neben einer Schwarzweißsubstanz hätte man eine Rotgrün- und eine Blaugelbsubstanz zu unterscheiden. Die Empfindungen rot und grün sowie blau und gelb sind als „Gegenfarben" unlösbar an das Vorhandensein je ein und desselben Sehstoffes aneinander gekoppelt (s. auch oben S. 12). Die Erklärung der Farbenblindheit aus der Heringschen Gegenfarbentheorie gestaltet sich nun einfach genug. Bei den partiell Farbenblinden ist entweder die Rotgrün- oder die Blaugelbsubstanz ausgeschaltet. „Ein Sehorgan, welches keinerlei rote Empfindungen hat, kann auch keine grüne haben, und umgekehrt eines, das keinerlei Gelbempfindung hat, kann auch keinerlei blaue haben. Für ein solches Sehorgan haben also sämtliche Lichtstrahlen keine rote und grüne, oder keine gelbe und blaue oder überhaupt keine farbige Valenz" (vgl. Hering, Ueber individuelle Verschiedenheiten des Farbensinnes, Lotos, neue Folge, Bd. 11, 1887, S. 87). Nach Hering hätte man also lediglich eine Rotgrünblindheit und eine Blaugelbblindheit zu unterscheiden. Dem Rotgrünblinden würden alle Farben (ausser Schwarz und Weiss) entweder blau oder gelb, dem Blaugelbblinden

alle Farben grün oder rot erscheinen müssen. Der Rotgrünblinde müsste zwei farblose Lichter im Grün und im Rot, der Blaugelbblinde zwei farblose Stellen im Blau und Gelb besitzen.

Gerade diese Erklärungsweise erscheint zunächst von einer geradezu bestrickenden Einfachheit. Auch hier gilt es, die Möglichkeit und Brauchbarkeit dieser zunächst rein hypothetischen[1]) Folgerungen an der Hand der beobachteten Tatsachen einer Kritik zu unterziehen.

Die Beobachtung an den von Helmholtz als Rot- bzw. Grünblindheit bezeichneten Fällen zeigt, dass sowohl von den Grün- wie von den Rotblinden ein gewisses Rot mit einem gewissen Grün (das allerdings für die Rot- bzw. Grünblinden einen etwas verschiedenen Farbton besitzt) verwechselt und von ihm als gleichaussehend mit dem farblosen Licht angesehen wird. Diese Tatsache der qualitativen Uebereinstimmung gewisser, dem normalen Auge rot bzw. grün erscheinender Farbtöne mit farblosem Licht musste nach Helmholtz so erklärt werden, dass an Stelle zweier farbiger Lichtempfindungen immer nur eine auftritt und dass den Rotblinden die roten, grünen und farblosen Lichter als grünlich, den Grünblinden die roten, grünen und farblosen Lichter rötlich erscheinen sollten. Das Unwahrscheinliche und Befremdende dieser Folgerung wird durch die Heringsche Theorie vermieden. Gerade diese Beobachtungen, dass gewisse rote und grüne Farbtöne immer miteinander verwechselt werden, finden durch die Heringsche Auffassungsweise einer physiologisch basierten Koppelung der roten und grünen Farbenempfindung eine ungleich einleuchtendere Erklärung. Die Gleichsetzung roter oder grüner Farbtöne mit farblosem Licht wäre nach der Heringschen Hypothese durch einen Funktionsverlust des Rotgrün-Sehstoffes zu erklären. Nach Hering fehlen eben beide Farbenempfindungen völlig und nur die farblose Empfindung des Schwarz und Weiss mit ihren Abstufungen tritt an ihre Stelle. Das farblose Licht würde also für den Farbenblinden wie für den Farbentüchtigen qualitativ gleich aussehen, eine Folgerung, die viel glaubhafter erscheint als die Helmholtzsche Annahme.

Hieran anschliessend wären einige der nicht zahlreichen Fällen zu behandeln[2]), die von den Anhängern Helmholtz als Violettblindheit, von Hering als Blaugelbblindheit charakterisiert wurden. Die an der Untersuchung dieser Fälle gewonnenen Ergebnisse[3]) gehen zum Teil weit aus-

[1]) Man beachte das gesperrte „kann" in dem aus Herings Arbeit zitierten Satze!

[2]) Helmholtz selber kannte 1867, als die I. Aufl. seiner Phys. Opt. erschien, diese Fälle noch nicht.

[3]) Vgl. besonders Donders, A. f. O. Bd. 30, I. Abt., S. 82; Holmgren, Zentralbl. f. d. med. Wissenschaft 1880. S. 898—913; Max Levy, A. f. O. Bd. 62, S. 464; Vintschgau, P. A. Phys. Bd. 48. S. 431; I. Stilling, ausserordentliches Beiheft zu den Monatsbl. f. Aug., 13. bis 14. Jahrg., 1875—76; Hermann, Inaug.-Dissert. Dorpart 1882, zit. nach Vintschgau, a. a. O.; Hering, P. A. Phys. Bd. 57, 1894; Köllner, Z. Ps. II. Bd. 42, 1905; König, Sitzungsber. d. Ak. d. Wissenschaften in Berlin, 8. Juli 1897.

einander. Ob hier Ungenauigkeiten der Beobachtung bzw. Verfärbung der Resultate durch die jeweilige theoretische Einstellung des Beobachters vorliegen oder ob diesen Unterschieden tatsächliche Differenzen zugrunde liegen, kann natürlich nicht ohne weiteres festgestellt werden. Für einige sehr sorgsam beobachtete Fälle (vgl. Vintschgau, a. a. O.) scheint unbedingt das zweite anzunehmen zu sein. Trotzdem, die Mehrzahl dieser Beobachtungen (einige gänzlich abweichende Anomalien finden weiter unten Berücksichtigung) haben das Gemeinsame, dass eine neutrale, als Grau bzw. farblos bezeichnete Stelle im Gelb vorhanden ist und dass das Violettende des Spektrums mehr oder weniger verkürzt gesehen wird. In einigen Fällen (vgl. Hermann, a. a. O.) wurde sogar eine zweite farblose Stelle im Blau beobachtet. Nach der Helmholtzschen Schule hätte man in diesen Anomalien die nach der Theorie zu erwartende dritte Kategorie der Farbenblindheit, eine Ausfallserscheinung der violetten Faserart (Violettblindheit, Tritanopie) zu erblicken. Geht man von den für die Tritanopen gültigen Gesetzen der Lichtmischung aus, dann scheint die Helmholtzsche Auffassung wie bei den Rotgrünblinden die einfachste Interpretation dieser Gesetzmässigkeiten zu sein. Sie verwickelt sich aber sofort in Schwierigkeiten, wenn sie Auskunft über die wirkliche Empfindungsqualität der Tritanopen geben soll, was sie daher meist als unzulässig ablehnt (s. Kries, a. a. O., S. 164). So musste nach der Helmholtzschen Theorie (ältere Fassung) entsprechend der für die Grünblindheit sich ergebende Folgerung der Violettblinde violett, gelb und farbloses Licht als gleich und zwar als gelblich empfinden.

Auch hier scheint die Heringsche Deutung der Tritanopen als einer Blaugelbblindheit dem unbefangenen Urteil weit einleuchtender. Die von der Theorie geforderte Vorkoppelung der gelben mit der blauen Empfindung scheint durch den Beobachtungsbefund in glücklichster Weise bestätigt zu werden.

Aber immerhin, auch die Heringschen Auslassungen über die Empfindungen der Farbenblinden schweben gleichsam in der Luft, so lange nicht Beobachtungen über einseitige angeborene (monokulare) bzw. erworbene Farbenblindheit eine Kontrolle gestatten. Ein solcher Fall von einseitiger Farbenblindheit ist zuerst[1]) 1880 von Hippel beobachtet worden (vgl. Hippel, „Ein Fall von einseitiger, kongenitaler Rotgrünblindheit bei normalem Farbensinn des andern Auges“, A. f. O. Bd. 26, II. Abt., S. 176 ff., sowie „Ueber einseitige Farbenblindheit“, A. f. O. Bd. 27, III. Abt., S. 47 ff. und Holmgren, a. a. O.). Der von Hippel beschriebene Fall scheint nun aufs deutlichste zu erweisen, dass auf dem einen farbenblinden Auge ausser Helligkeits- nur Gelb- und Blauempfindungen zustande kommen. Wenn

[1]) Einige andere Fälle von einseitiger totaler Farbenblindheit waren schon vorher von Woinow, A. f. O. Bd. 17, S. 346, zit. nach Becker, Bd. 25, S. 205, sowie von Niemetschek, Prager Vierteljahrsschrift 1880 (zit. nach Becker) festgestellt worden. Die betreffenden Angaben sind aber zu ungenau, um weitergehende Schlüsse daraus zu ziehen.

bei der spektroskopischen Untersuchung die einzelnen Farben in schmalen Streifen von annähernd 1 mm abgeblendet wurden, „so wird vom äussersten Rot durch das Gelb bis zum Blaugrün alles als Gelb, von da ab bis zum violetten Ende alles Blau bezeichnet“ (s. Hippel, a. a. O., 1880). Versuche an farbigen Gläsern und farbigen Schatten gaben die gleichen eindeutigen Ergebnisse. Diese Beobachtungen wurden durch Holmgren (a. a. O., S. 915), dem derselbe Patient von Hippel zur Verfügung gestellt wurde, insofern modifiziert, als die Gelbempfindung des farbigen Auges als ein schwachgrünliches Gelb bezeichnet und eine Verkürzung des roten Spektralendes behauptet wurde. Neue Versuche von Hippel (a. a. O. 1881) scheinen jedoch unwiderruflich darzutun, „dass keine irgendwie nennenswerte Verkürzung des Spektrums am roten Ende“ besteht und dass die Gelblinie des Spektrums dem farbenblinden wie dem farbentüchtigen Auge dem Farbton nach „absolut gleich erschien“. Ausserdem wurde bei diesen neuen Versuchen eine farblose (farblos im Sinn des normalen Auges!) Trennungslinie im Grün nachgewiesen. Auch die Untersuchung der negativen Nachbilder sowohl des farbentüchtigen wie des farbenblinden Auges gaben interessante Aufschlüsse, wie die nachfolgende, der zweiten Arbeit Hippels (S. 53) entnommene Tabelle veranschaulicht:

Farbe des Pigments	Nachbild des linken Auges	Nachbild des rechten Auges
rot	hellgrün	hellblau
zinnoberrot	hellgrün	hellblau
orange	hellgrün	blau
gelb	hellgrün	blau
gelbgrün	hellviolett	hellblau
grün	hellrosa	hellblau
hellblau	hellrosa	hellgelb
blau	hellgelb	hellgelb

Einen anderen Fall von einseitiger „Violettblindheit“ hat Holmgren (a. a. O., S. 915) untersucht. Sein einseitig „Violettblinder“ sah ebenfalls nur zwei Farben, Rot und Grün. „Vom roten Ende aus gerechnet erstreckt sich seine erste Hauptfarbe, das Rot, über den Teil des Spektrums, welchem das Rot, Orange und Gelb des Normalsehenden entspricht“, während das Grün des Farbenblinden sich vom Grün „bis zum Anfang des Violett erstreckt, wo sein Spektrum absolut aufhört“. Eine farblose Stelle befindet sich im Gelbgrün.

Beide scheinen durchaus zugunsten der Heringschen Auffassung zu sprechen, dass die Dichromaten entweder rotgrünblind und blaugelbsehend oder blaugelbblind und grünrotsehend sind. Einige weitere Beobachtungen von erworbener einseitiger Farbenblindheit scheinen die Richtigkeit

dieser Anschauung noch eindringlicher zu bestätigen: So beobachtete Hering („Die Untersuchung einseitiger Störungen des Farbensinnes mittelst binokularer Farbengleichungen“, A. f. O. Bd. 36, III, S. 1) einen Fall von einseitiger Sehnervenatrophie, der folgende Ergebnisse lieferte:

1. Alle benutzten Farben erschienen dem kranken Auge minder gesättigt, d. h. viel weisslicher bzw. grünlicher als dem gesunden.

2. Gelb und Blau erschienen gelb und blau, erlitten also keine merkliche Aenderungen ihres Tones, wurden aber viel weniger gesättigt gesehen.

3. Ein dem Urgrün und dem Urrot nahestehendes, nicht allzu gesättigtes Grün und Rot erschienen dem kranken Auge farblos.

4. Die benutzten Zwischenfarben Spektralrot, Orange, Gelbgrün und nicht zu sehr gesättigtes Violett verloren für das kranke Auge vollständig ihre Röte bzw. Grüne, erschienen daher gelb bzw. blau, und zwar sehr weisslich oder graulich.

Ein ähnlicher, fast gleichzeitig von Hess beobachteter Fall führte zu fast den gleichen Resultaten („Untersuchungen eines Falles von halbseitiger Farbensinnstörung“, A. f. O. Bd. 26, III, 1890, S. 24): Sattes spektrales Rot und sattes Orange wurden als dunkles, wenig gesättigtes Gelb, gesättigtes Chromgelb als weissliches Gelb, gesättigtes Grüngelb und Urgrün wurden als leicht grünliches Grau, gesättigtes Blau, Violett und Blaurot als weissliches, wenig gesättigtes Blau empfunden. Ein Licht von der Wellenlänge 495 $\mu\mu$ (dem normalen Auge als bläuliches Grün erscheinend) wurde farblos gesehen.

Auch diese Fälle scheinen für die Heringsche Theorie von grosser Beweiskraft zu sein. Sieht man von der Möglichkeit ab, dass Befangenheit in theoretischen Anschauungen die Resultate dieser — infolge der für alle Farben stark herabgesetzten Empfindlichkeit recht schwierigen Untersuchungen — einseitig modifiziert hat, so ist noch darauf hinzuweisen, wie bedenklich es ist, erworbene krankhafte Farbensinnstörungen in dieser Weise theoretisch auszuwerten. Dasselbe würde für die durch Hypnose und durch Santoningenuss (vgl. die Arbeit von Rose, P. A. Phys., Bd. 19, 20 u. 27, sowie von Vaughan, Z. Ps. II, Bd. 41, S. 399, sowie Siven und v. Wenot, Skand. A. f. Phys. 14. 1903) hervorgerufene Farbensinnstörungen gelten.

Aehnliche Bedenken sind für eine Reihe weiterer Untersuchungen geltend zu machen, die alle eine erworbene (und zwar krankhafte) Farbensinnstörung behandeln und die eine allerdings unsichere Kontrolle der übriggebliebenen Farbenempfindungen durch den Vergleich mit den im Gedächtnis vorliegenden Empfindungen des früher gesunden Auges gestatten.

So beobachtete Köllner (Beiträge zur Pathologie des Farbensinnes, Ztschr. f. Augenheilkunde Bd. 21, 1909, S. 193 ff.) einen Fall von erworbener rechtsseitiger totaler Farbenblindheit und linksseitiger Violettblindheit. „Das ... farbige Spektralband wurde sowohl vom hell- wie vom dunkeladaptierten

Auge (dem linken violettblinden) als zweifarbig bezeichnet, nämlich vom roten Ende bis zum Gelb als Rot, das durch eine helle farblose Stelle in Grünblau überging, welches seinerseits bis zum blauen Ende reichte" (siehe Köllner, a. a. O., S. 203).

Die zahlreichen Beobachtungen Stillings (s. I. Stilling, Ueber Entstehung und Wesen der Anomalien des Farbensinnes, Z. Ps. II, Bd. 44, S. 371 ff., 1910) über erworbene Farbenblindheit infolge progressiver Sehnervenatrophie scheinen noch eindeutiger für einen inneren Zusammenhang der roten und grünen bzw. blauen und gelben Empfindungen zu sprechen. Die zusammenfassenden Aeusserungen Stillings seien hier wörtlich zitiert:

„Die Untersuchung (der oben angeführten Fälle) ergibt nun, dass die partielle Farbenblindheit dieser Kranken konstant sich auf Rot und Grün, niemals aber auf Blau und Gelb erstreckt. Die Kontraste für Rot und Grün sind erloschen, es kommt niemals vor, dass auf den roten und grünen Schatten überhaupt eine Färbung bemerkt wird, während die blauen und gelben erkannt werden. Das Auge kann somit aus sich heraus nur Gelb und Blau erzeugen." (a. a. O., S. 378). „Man sollte . . . denken, es müsste auch Fälle geben, in denen das Auge auch nur für eine einzige Farbe unempfindlich werden könne. Allein die Erfahrung lehrt durchaus das Gegenteil, so gross sie auf dem Gebiete der erworbenen Farbenblindheit auch ist. Die Fähigkeit, Rot wahrzunehmen, ist immer an die Wahrnehmung der Gegenfarbe Grün gekettet, ist die eine vorhanden, so ist es auch die andere" (a. a. O., S. 53). „Bei der zweiten kleineren Gruppe der partiellen Farbenblindheit fehlen die Energien für Blau und Gelb und nur die roten und grünen Kontraste werden vom Auge hervorgebracht. In allen von mir beobachteten Fällen . . . wurde den gelben und blauen Kontrasten überhaupt keinerlei Farbenbenennung beigelegt" (a. a. O., S. 391). „Da bei allen Affektionen des Sehnerven niemals Blindheit einer Farbe allein auftritt, sondern immer mindestens für ein Paar, so muss für die Gegenfarben Rot und Grün einerseits, Blau und Gelb andererseits, wie dies psychologische Erfahrungstatsache ist, auch physiologisch ein innerer Zusammenhang vorhanden sein, für den einmal ein anatomischer Ausdruck und damit eine physiologische Erklärung gefunden werden muss, die vorläufig freilich in Dunkel gehüllt bleibt" (a. a. O., S. 383).

Alle diese Beobachtungsbefunde stellen in ihrer hier mit Absicht so gruppierten Zusammenstellung scheinbar eine Kette von Indizienbeweisen zugunsten der Heringschen Theorie dar und scheinen in entscheidendem Sinne für eine Sonderstellung der vier Urfarben (Rot, Gelb, Grün und Blau) zu sprechen. Gerade diesen Erfahrungen auf dem Gebiete der partiellen Farbenblindheit verdankt die Urfarbentheorie Herings ihr entscheidendes Uebergewicht über andere Hypothesen, so dass sie auch heute noch in vielen Lehrbüchern der Psychologie (vgl. Fröbes, Psychol. S. 61 ff., Titchener, Psych. S. 89 ff., Ebbinghaus, Grdz. S. 272, Bd. I, Witasek, Grdl. d. Psych. 1908, S. 171), aber auch in vielen zoologischen und physiologischen Werken an erster Stelle steht.

Aber — fast ist man geneigt zu sagen „leider“ — gibt es gewisse Tatsachen, die auch dieser mit so sinnfälliger Eleganz arbeitenden Theorie Schwierigkeiten bereiten und ihre Grundlage selbst ins Wanken bringen. Schon oben (S. 31) war gezeigt worden, dass nach den Untersuchungen Seebecks, der bei dem damaligen Mangel an Farbentheorien sicherlich nicht als theoretisch voreingenommen bezeichnet werden kann, die — von Hering als „Rotgrünblindheit“ oder „Rotgrünverwechsler“ charakterisierte — Gruppe von Farbenblinden „in bezug auf die Art der Verwechslungen in zwei deutlich unterschiedene Klassen zerfällt“ (vgl. a. a. O., S. 178). Diese Zweiteilung wurde, wie gleichfalls schon gezeigt, später von Helmholtz, der die beiden Klassen als Rot- und Grünblinde deutete, wieder aufgegriffen. Aber auch jüngere Forscher[1]) kommen zu dem Ergebnis, dass wir „scharf und bestimmt zwei Formen dichromatischer Farbensysteme unterscheiden müssen“ (König, a. a. O., S. 164). Um die „Fülle von Missverständnissen, die sich an diese Benennungen“ (Rot- bzw. Grünblindheit) „knüpfen“, zu beseitigen, schlug I. v. Kries als Ersatz die Bezeichnung „Protanopen“ und „Deuteranopen“ vor (Kries, Z. Ps. Bd. 13, S. 248). Noch einmal seien die Unterschiede beider Gruppen kurz charakterisiert: Dem Protanopen (dem Rotblinden von Helmholtz) erscheint das rote Ende des Spektrums verkürzt, alle Lichter des langwelligen Endes besitzen einen relativ sehr geringen „Reizwert“, d. h. der Protanope benötigt, um die mittleren Farben des Spektrums (etwa ein Gelb) durch Mischung langwelliger und kurzwelliger Farben herzustellen, erheblich grössere Mengen des langwelligen Bestandteiles als der Deuteranop. Dieser dagegen sieht das rote Ende des Spektrums unverkürzt, die Lichter des langwelligen Endes besitzen sehr viel grösseren Reizwert, er verwendet also geringere Intensitätsmengen dieser Lichter als der Protanop.“ „Die Mengen der roten Lichter, die Protanopen und Deuteranopen erfordern, um Gleichheit mit einem gewissen Gelb zu erzielen, verhalten sich wie etwa 5 : 1 (Kries, a. a. O., S. 156). Auch die Lage des neutralen Punktes ist bei den Deuteranopen und Protanopen etwas verschieden, er liegt für den Deuteranopen um einige Wellenlängen weiter nach dem roten Ende zu als für den Protanopen. Diese Tatsache war, wie oben angeführt, schon Seebeck bekannt. Es hat sich aber gezeigt, dass diese Differenzen bei weitem nicht scharf genug sind, um daraus eine Trennung beider Gruppen herzuleiten (s. König, a. a. O., S. 165). Man kann die Unterschiede zwischen diesen beiden Klassen etwa auf die Formel bringen, dass das protanopische Sehorgan (innerhalb des langwelligen Spektralbereiches) gegenüber den kurz-

[1]) Vgl. A. König und E. Dieterici: „Die Grundempfindungen und ihre Intensitätsverteilung im Spektrum.“ Z. Ps. Bd. 4. S. 278; A. König: „Zur Kenntnis dichromatischer Farbensysteme.“ A. f. O. Bd. 30, II. Abt., S. 164; I. v. Kries: „Ueber Farbensysteme.“ Z. Ps. Bd. 13, S. 248.

welligen, das deuteranopische gegenüber den längerwelligen relativ erregbarer ist[1]).

Das Vorhandensein dieser beiden deutlich unterscheidbaren Klassen innerhalb der von Hering als einheitlich angenommenen Gruppe der „Rotgrünblinden"[2]) ist, wie Kries (a. a. O., S. 160) scharf hervorhebt, nach der Heringschen Theorie unverständlich. Diese Unterschiede sind daher zunächst überhaupt unbeachtet geblieben. Später suchte Hering sie durch eine verschieden starke Absorption durch die gelblichen Medien des Auges (macula lueta) zu erklären. Der „Grünblinde" wäre nach Hering (Ueber individuelle Verschiedenheiten des Farbensinnes, Lotos, neue Folge, Bd. 5, 1884, S. 163) als relativ gelbsichtig, der „Rotblinde" als relativ blausichtig aufzufassen. Es hat sich aber gezeigt (vgl. auch Breuer, „Ueber den Einfluss des Makula-Pigmentes auf Farbengleichungen", Z. Ps. Bd. 13, S. 464), dass die Beträge des durch die Makula absorbierten Lichts viel zu gering sind, als dass solche grossen Schwankungen dadurch erklärt werden können. Ausserdem macht die „Tatsache, dass der Unterschied der Protanopen und Deuteranopen vor allem gegenüber langwelligen Lichtern" (durch die Makula wird nur kürzerwelliges Licht absorbiert!) „sehr beträchtlich und vollkommen scharf und typisch ist, diese Erklärung definitiv unmöglich" (Kries, a. a. O., S. 165), denn diese Berufung auf eine verschieden stark ausgebildete Makulapigmentierung vermag zwar graduell abgestufte interindividuelle Empfindungsdifferenzen, nicht aber die zwischen den Protanopen und Deuteranopen bestehende Lücke zu erklären.

In der Tat sieht sich die Heringsche Theorie hier Schwierigkeiten gegenüber, denen sie ohne weiteres nicht gewachsen ist. Erst eine wesentliche Umgestaltung dieser Theorie durch G. E. Müller, auf die weiter unten (S. 46) eingegangen werden soll, vermag diese Widersprüche zu beseitigen.

Das eindringliche und ausgedehnte Studium der für die Farbenblinden gültigen Regeln der Lichtmischung, das sich in schwierigen quantitativen Untersuchungen [3]) erschöpfte, führte zu einer gewissen Erneuerung der Helmholtzschen Theorie. Diese soll für die Gesetze der Farbenmischung und für die peripheren, physiologischen Vorgänge innerhalb der Retina ihre Gültigkeit behalten, während für die zentralen psychophysischen Vorgänge eine der Heringschen Theorie analoge vierkomponentige Lösung anzunehmen wäre. Diese, bereits von Aubert und Donders angebahnte, von I. v. Kries ausgebaute Zonentheorie (s. oben S. 13) glaubte durch eine Kombination

---

[1]) Kries, a. a. O., S. 154; vgl. auch die ausserordentlich anschauliche Darstellung dieser Verhältnisse in den graphischen Zeichnungen von I. v. Kries, a. a. O., S. 154—155, sowie in den oben zitierten Arbeiten von König und Dieterici, die den Unterschied zwischen den beiden Gruppen sehr frappant hervortreten lassen.

[2]) Auch diese Terminologie ist daher als irreführend, zum mindesten als voreilig zu bezeichnen.

[3]) Vgl. die mehrfach erwähnte Darstellung dieser Verhältnisse durch Aichwertkurven bei I. v. Kries, bei König und Diterici u. a.

beider Theorien den Schwierigkeiten, in denen sich jede Theorie *für sich allein* verstrickt, zu entgehen. Dadurch, dass der Gültigkeitsbereich der Dreikomponententheorie auf die periphere Zone beschränkt bleibt, verschwinden die bedenklichen Folgerungen, die aus der ursprünglichen Helmholtzschen Theorie für die farbige Empfindungswelt der Dichromaten gezogen werden mussten. Auch andere Widersprüche, die aus einem Vergleich der Helmholtzschen Komponentenfarben mit den Ergebnissen einer rein subjektiven Beobachtung der Farbenempfindungen sich ergeben, würden durch die Zonentheorie beseitigt werden (s. weiter unten S. 90).

Durch die Beschränkung des Gültigkeitsbereichs der Vierkomponententheorie auf das psychophysische Geschehen innerhalb der zentralen Teile der farbenempfindenden Apparatur würden ferner *diejenigen* Tatsachen ihre Deutung finden, die — wie die Zweiteilung der dichromatischen Rotgrüngruppe in Protanopen und Deuteranopen — nach der Heringschen Theorie nicht erklärt werden können.

Die Zonentheorie von *Kries* stellt einen letzten Versuch dar, die Dreikomponententheorie wenigstens für ein bestimmtes, beschränktes Anwendungsgebiet zu retten. Auch heute noch wird sie in dieser Form besonders von der Nagel-Kriesschen Schule vielfach vertreten. Die psychologischen Motive, die viele Forscher mit so bemerkenswerter Zähigkeit an der Helmholtzschen Auffassung festhalten und trotz der vielfachen daraus sich ergebenden Schwierigkeiten immer wieder auf sie zurückgreifen lassen, sind darin zu suchen, dass die dreikomponentige Deutung eine so bequeme und ergiebige Interpretation der Mischungsverhältnisse gestattet. Bezeichnenderweise wird sie gerade von denjenigen (meist physiologisch eingestellten) Forschern verteidigt, deren Hauptarbeit sich auf das Gebiet der Farbenmischungsgesetze (*Kries*, *Nagel*, *König*) erstreckt. Aber schon oben (s. S. 24) war darauf hingewiesen worden, dass die Möglichkeit, alle Farbtöne aus der Mischung dreier Farben herzustellen, lediglich *einen unteren Grenzfall* darstellt, der vor den mehrkomponentigen Lösungen nur den Vorzug grösserer Einfachheit besitzt und eine bequemene rechnerische und graphische Darstellungsweise gestattet, im übrigen aber in grosse Schwierigkeiten verwickelt. Nichts hindert uns, statt der für das normale Sehen berechneten drei Aichwertkurven eine vier- oder mehrkomponentige Deutung ins Auge zu fassen. Es wären lediglich grössere rechnerische und vielleicht auch versuchstechnische Schwierigkeiten dabei mit in Kauf zu nehmen, eine in Anbetracht der an sich schon mühevollen Untersuchungen natürlich sehr unbequeme Forderung, deren sich die auf diesem Gebiete arbeitenden Forscher mehr oder weniger unbewusst durch Festhalten der Dreikomponententheorie zu entziehen suchten. Und doch ist letzten Endes gerade in diesem Sträuben der innere Beweggrund für die zähe, sonst kaum erklärliche Verteidigung der Helmholtzschen Hypothese zu suchen. Die Zonen-

theorie ist demnach zu betrachten als ein Notbehelf, als ein Kompromiss zwischen der Drei- und Vierkomponentheorie, von denen jede für sich allein unfähig ist, über ein gewisses Gebiet hinaus alle Tatsachen in ihrem Sinne zu erklären. Jeder Unbefangene kann in dieser höchst merkwürdigen und sonst durch keinerlei Tatsachen belegten Annahme, dass das periphere Geschehen in drei-, das zentrale in vierkomponentiger Weise vor sich gehen soll, nichts anderes erblicken als den Ausdruck einer lediglich ad hoc arbeitenden Hypothese, die von den überkommenen Theorien möglichst die brauchbarsten Bestandteile zu retten sucht.

Mit der Unhaltbarkeit der Zonentheorie und der darin versteckten dreikomponentigen Auffassungsweise ist nun keineswegs die Alleingültigkeit der Heringschen Vierkomponententheorie irgendwie erwiesen. Auch diese vermag in der von Hering ausgeprägten Ausbildung gewisse Tatsachen (s. die Zweiteilung der Klasse der Rotgrünverwechsler) nicht ohne weiteres zu erklären. Auch einige weitere, teilweise schon angeführte Beobachtungsfälle beweisen, dass die Phänomene der partiellen Farbenblindheit sich in das anschauliche Schema der Heringschen Theorie nicht so ohne weiteres einfügen lassen. So ist nach Hering bei der von ihm als Blaugelbblindheit charakterisierten Anomalie eine farblose Stelle im Gelb und in der Gegend des Urblau zu erwarten. Aber nur ein einziger der zur Beobachtung gelangten Fälle (der von Hermann) stimmt hiermit genau überein. Alle andern weichen mehr oder weniger davon ab, insofern, als bei ihnen nur das Violett mehr oder weniger verkürzt gesehen wird, während die Gegend des Urblau noch als (allerdings dem Farbton nach nicht feststellbare) Farbe empfunden wird. Auch die Tatsache, dass die neutrale Stelle nicht immer im Gebiete des sog. Urgelb, sondern oft in einem deutlichen grünlichen Gelb liegt, stellt eine in diesem Zusammenhang bedenkliche Abweichung von dem nach der Theorie zu Erwartenden dar. Wenn auch diese nicht allzu beträchtlichen Abweichungen unter Umständen noch einer Erklärung zugänglich sind (Absorptionsverhältnisse!), so gibt es doch einige Fälle, die völlig aus dem Rahmen herausfallen. Ein von Vintschgau (a. a. O., S. 431 ff.) eingehend geprüfter Fall von Violettblindheit zeigte ein rechts verkürztes Spektrum, dagegen keine neutrale Stelle zwischen Rot und Grün. Gelb wurde immer als solches bezeichnet, die Na-linien schmutziges Gelb genannt. Gleichungen zwischen Gelb und Blau gelangen daher niemals. Noch weit überraschendere Resultate lieferte ein von Kirschmann („Beiträge zur Kenntnis der Farbenblindheit“, Psy. Stud. Bd. 8. 1893) untersuchter Fall von erworbener monokularer Farbenblindheit. Da dieser Fall in theoretischer Hinsicht von grosser Bedeutung ist, seien im folgenden die Resultate genauer wiedergegeben. Das rechte farbenblinde Auge des Farbenblinden (Univ.-Prof. Dr. A.) sah die einzelnen Farben des Spektrums folgendermassen (vgl. Kirschmann, a. a. O., S. 198):

710—660	$\mu\mu$	=	Dunkelrot
606—589	$\mu\mu$	=	Blassrot-Weiss
589			Weiss
589—539	$\mu\mu$	=	Blassblau
539—434	$\mu\mu$	=	Intensivblau
434—411	$\mu\mu$	=	Dunkelblau
411— ?	$\mu\mu$	=	Grau, vielleicht eine Spur von Violett.

Da hier eine Kontrolle durch das linke, völlig farbentüchtige Auge möglich war, ist an der Richtigkeit der Beobachtung kaum zu zweifeln. In dem Fall des Prof. A. fehlen also in dem Farbensystem die Qualitäten „Violett, Grün und Gelb und ihre Uebergänge zu den andern Farben ganz und gar". Was übrig bleibt, sind die Farben Rot[1]) und Blau, welche genau wie mit dem farbentüchtigen Auge wahrgenommen wurden. Ausserdem haben reines Rot und reines Blau „den Charakter von Gegenfarben angenommen" (Kirschmann, a. a. O., S. 228). Diese Ergebnisse sind um so bedeutungsvoller, als hier einer der seltenen Fälle von einseitiger angeborener Farbenblindheit[2]) vorliegt, der infolge der Kontrollmöglichkeit durch das farbentüchtige Auge wirklich sichere Einblicke in die Empfindungswelt der Dichromaten gestattet. Und da gibt die Tatsache doch sehr zu denken, dass einer dieser wenigen wirklich entscheidenden Beobachtungsfälle weder durch die Helmholtzsche noch durch die Heringsche Theorie genügend erklärt werden kann.

Kirschmann hat noch eine Anzahl (im ganzen zehn) weiterer Fälle von partieller Farbenblindheit untersucht und gelangt dabei zu Schlussfolgerungen, die von den bisher behandelten Erklärungsversuchen völlig abweichen und daher hier wörtlich zitiert seien:

„Die beiden übrigbleibenden Farben sind nicht bei allen Dichromaten dieselben; auch die Einteilung der Dichromaten in Blaugelb- und Rotgrünblinde findet in den Tatsachen der Erfahrung keine Stütze. Es gibt ebenso Orange-Indigoblinde oder Grüngelb-Violettblinde wie Grün-Purpurblinde. Unter den von mir untersuchten Fällen von partieller Farbenblindheit sind kaum zwei Fälle, die einander einigermassen vollständig gleichen." „Die Unempfindlichkeit für eine Qualität kann bei Dichromaten wie bei Polychromaten jede beliebige Spektralpartie betreffen, und zwar häufig, ohne die für das normale Auge dazugehörige Komplementärfarbe in Mitleidenschaft zu ziehen. Es findet dabei eine Verschiebung des Komplementarismus statt." „Die sog. neutrale Stelle der Farbenblinden fällt keineswegs immer an diejenigen Orte des Spektrums, an welchen sie nach den Grundfarbentheorien liegen müssten" (Kirschmann, a. a. O., S. 428—29). Im folgenden sei noch eine Tabelle wiedergegeben, die eine Ueber-

[1]) Es ist hier darauf hinzuweisen, dass Hering bei einer Nachprüfung dieses Falles fand, dass das Rot ein gelbliches Rot war. Vgl. Fröbes, Psychol. S. 83. Die theoretische Bedeutung dieser Beobachtungen wird dadurch aber kaum abgeschwächt.

[2]) Ausserdem sind nur noch zwei Fälle, die bereits erwähnten von Holmgren und Hippel genauer untersucht worden.

sicht der Lage der neutralen Stelle in den von Kirschmann behandelten Beobachtungsfällen gestattet. (Kirschmann, a. a. O., S. 429.)

1. In der Nähe von C (= 572 $\mu\mu$);
2. 580 + 481 $\mu\mu$;
3. 514 + 418 $\mu\mu$;
4. 500 + 495 $\mu\mu$;
5. 594 + 579 $\mu\mu$ und 402 $\mu\mu$ bis Ende;
6. linke Auge 499 $\mu\mu$, rechte Auge 499 $\mu\mu$;
7. 486 $\mu\mu$;
8. 512 — 496 $\mu\mu$;
9. 502 — 493,5 $\mu\mu$;
10. wahrscheinlich 582 $\mu\mu$.

Die hier mitgeteilten Resultate und Schlussfolgerungen enthalten eine Ablehnung aller Komponententheorien und leugnen damit eine Sonderstellung bestimmter Farbtöne. Sie finden ihre Erklärung nur in der oben schon skizzierten Stufentheorie von Wundt, zu deren Unterstützung sie offensichtlich dienen sollen.

Die Anschauungen Wundts, auf dessen Veranlassung die Arbeit von Kirschmann unternommen wurde, bewegen sich in denselben Bahnen. Auch er meint, dass „eine relative Unterempfindlichkeit für einzelne Wellenlängen wahrscheinlich für jeden Teil des Spektrums vorkommen kann, und dass von den drei Grundfarben höchstens Rot und allenfalls noch Grün, keineswegs aber Violett vor den andern Farben sich auszeichnet“. Das Uebergewicht, das die sog. Rot- und Grünblindheit „teils jede isoliert, teils beide vereinigt“ erkennen lassen, steht vielleicht damit im Zusammenhang, dass beide verhältnismässig breite Streifen im Spektrum einnehmen! Ueberdies spielt bei dieser Beobachtung offenbar die Neigung, an Stelle der Uebergangsfarben die nächstliegenden Hauptfarben zu wählen, eine täuschende Rolle. So ist z. B. sehr zweifelhaft, ob die Grünblindheit wirklich die ihr zugeschriebene Bedeutung besässe, wenn man sich nicht gewöhnt hätte, Gelbgrün und Blaugrün ebenfalls Grün zu nennen. (Vgl. Wundt, Grdz. 6. Aufl., Bd. II, S. 246. Aehnliche Ausführungen s. S. 238, sowie „Die Empfindung des Lichts und der Farben“, Phil. Stud. Bd. 4, 1888, S. 238.)

Eine kritische Prüfung dieser Ansichten hat von der Beantwortung der Frage auszugehen, in welchem Ausmass die von Wundt und seinen Schülern behauptete Variabilität der Ausfallserscheinungen beim dichromatischen Sehen den Beobachtungsergebnissen entspricht. Die schon oben festgestellte Tatsache, dass die Untersuchungsresultate namentlich der sog. Blaugelbblindheit in bezug auf die Lage der farblos gesehenen Spektralstellen teilweise weit auseinander gehen, könnte vielleicht als ein Argument zugunsten der Wundtschen Theorie gebucht werden. Ferner wäre in diesem

Zusammenhang auf die Untersuchung von König und Diterici (A. f. O., II. Abt., Bd. 30) hinzuweisen, nach denen „die Lage des neutralen Punktes bei den verschiedenen Individuen kontinuierlich ineinander übergeht" (a. a. O., S. 164). Die Schwankungen bewegten sich für dreizehn Rotgrünverwechsler zwischen 491,2 $\mu\mu$ und 504,25 $\mu\mu$, sind also recht beträchtlich. Aber auch die an Farbenschwachen (anomalen Trichromaten) gemachten Erfahrungen könnten hier nochmals herangezogen werden. Wie oben (S. 28) gezeigt worden war, kann eine Farbenschwäche für fast alle Farben vorkommen, eine gleichzeitige Schwächung zweier Kompensationsfarben scheint dagegen nicht vorhanden zu sein.

Diesen Tatsachen, die für die Wundtsche Theorie zu sprechen scheinen, stehen aber wieder andere gegenüber, die zwar mit der Wundtschen Auffassungsweise nicht gerade unvereinbar sind, die aber einer hinreichenden Interpretation vorläufig noch entbehren. Wenn auch die Variabilität der dichromatischen Phänomene hinsichtlich des Ortes der ausfallenden Wellenlänge namentlich am kurzwelligen Ende eine beträchtliche genannt werden muss, so scheinen doch gewisse Ausfallserscheinungen, die durch die beiden Klassen der Protanopen und Deuteranopen repräsentiert werden, auf eine interindividuell ziemlich konstante Bevorzugung einzelner Kurvenstrecken hinzudeuten (vgl. Wundt, a. a. O., S. 258). Ferner muss auch Wundt zugeben, „dass bei aufgehobener Empfindlichkeit für irgend eine Farbe besonders leicht auch für die zu ihr komplementäre eine aufgehobene oder verminderte Empfindlichkeit besteht" (Wundt, a. a. O., S. 239). Besonders konstant scheint die Koppelung zweier Komplementärfarben bei der pathologischen, auf Sehnervenatrophie beruhenden Farbenblindheit zu sein (s. die Beobachtungen Stillings oben S. 39).

Eine entscheidende Stellungnahme diesen Fragen gegenüber wird unmöglich gemacht, solange nicht nur die Interpretation der Beobachtungen, sondern die Feststellung des Tatbestandes selbst zu völlig entgegengesetzten Behauptungen führt. Man beachte die Aeusserungen Kirschmanns, nach denen die Unempfindlichkeit für eine Qualität bei Dichromaten wie bei Polychromaten jede beliebige Spektralpartie betreffen kann, und zwar häufig ohne die für das normale Auge dazugehörige Komplementärfarbe in Mitleidenschaft zu ziehen und stelle ihnen die Behauptung Stillings (s. S. 39) gegenüber, dass Unempfindlichkeit für eine einzige Farbe trotz aller Erfahrung niemals nachzuweisen sei, dass „die Fähigkeit, Rot wahrzunehmen, immer an die Wahrnehmung der Gegenfarbe Grün gekettet sei" usw.

Zwischen beiden Auffassungsweisen, der Heringschen und der Wundtschen, nimmt die Theorie von G. E. Müller eine Art Mittelstellung ein. Seine Ansicht sei im folgenden im Anschluss an seine Aufsätze zur „Psychophysik der Gesichtsempfindungen" (Z. Ps. Bd. 10 u. 14 ff., sowie an Fröbes Lehrb.

d. exp. Psych., S. 64 u. 85 ff.) entwickelt[1]). Nach Müller (Z. Ps. Bd. 14, S. 1) haben wir, wie bei Hering, sechs retinale Grundprozesse zu unterscheiden, die als photochemische Reaktionen dreier verschiedener Substanzen (Rotgrün-, Blaugelb- und Schwarzweißsubstanz) aufzufassen wären. Ein Prozess, der durch „Rotstrahlen" veranlasst wird, würde beispielsweise darin bestehen, dass die Moleküle (a b) des Rotgrünmaterials in ihre Bestandteile a + b gespalten würden, während der Grünprozess die beiden Zerfallsprodukte a + b wieder zu Molekülen a b vereinigen würde. Ausserdem würde aber jedes farbige Licht auch noch die Schwarzweißsubstanz erregen, und zwar immer in Richtung auf die Weissvalenz. Halten sich also Rot- und Grünprozess die Wage, d. h. finden ebensoviel Aufbau- wie Abbaureaktionen statt, würde nur der Weissprozess übrig bleiben. Daher müssen Rot und Grün bei der Mischung Weiss ergeben. Ausser diesem retinalen Grundprozess soll es nun noch „sechs Grunderregungen des Sehnerven" (a. a. O., S. 2) geben, die hinsichtlich ihrer Wirkungen nicht ohne weiteres mit solchen der retinalen Prozesse zu korrespondieren brauchen.

Die Tatsachen der Farbenblindheit führten G. E. Müller nun zu folgenden Annahmen, die hier in Form einer Tabelle wiedergegeben seien:

Dem	Rotprozess	entspricht	ein	innerer[2])	Rotwert u. Gelbwert u. Weisswert
„	Gelbprozess	„	„	„	Gelbwert u. Grünwert u. Weisswert
„	Grünprozess	„	„	„	Grünwert u. Blauwert u. Weisswert
„	Blauprozess	„	„	„	Blauwert u. Rotwert u. Weisswert

Das Zustandekommen einer Farbenempfindung beruht also erstens auf einem retinalen Grundprozess und zweitens auf einem dadurch veranlassten Sehnervenprozess.

Bei den Farbensystemen der Farbenblinden, die als „Ausfallssysteme" charakterisiert werden, kann man demgemäss einen „äusseren Ausfall", der einen Netzhautprozess betrifft, und einen „inneren Ausfall", der auf einen inneren Wert geht, unterscheiden (vgl. Fröbes, a. a. O., S. 82, siehe auch die graphische Darstellung dortselbst S. 87). Bei den Protanopen hat man gleichzeitig äusseren und inneren Ausfall von Rot und Grün, bei den Deuteranopen nur einen inneren Ausfall von Rot und Grün anzunehmen. Bei der Gelbblaublindheit sind ebenfalls zwei Typen zu unterscheiden. Bei dem ersten Typus würde ein innerer Ausfall von Gelb und Blau, bei dem zweiten ein äusserer Ausfall von Gelb und Blau bestehen, der einen teilweisen oder gänzlichen Ausfall des inneren Gelb oder Blau zur Folge haben könnte. Dem zweiten Typus sind alle diejenigen Fälle unterzuordnen, die wie der Fall von Kirschmann stark von dem Normalen abweichen.

---

[1]) Fröbes stützt sich auf ein Manuskript der Müllerschen Vorlesung, das hier nicht zu beschaffen war.
[2]) Das heisst an die Sehnervenprozesse gebundener.

Gegenüber dieser Hypothese wären zunächst ähnliche Bedenken geltend zu machen wie bei der Zonentheorie. Auch sie entspringt dem Bedürfnis, die Gültigkeit einer Theorie, die sich für die Mehrzahl der zur Beobachtung gelangten Fälle als brauchbar erwiesen hat, gegenüber den mit ihr in Widerspruch stehenden Beobachtungen durchzusetzen. Zu diesem Zwecke sind Erweiterungen und Umformungen rein hypothetischer Natur notwendig, die zwar eine Einfügung des widerspenstigen Beobachtungsbefundes in die Theorie gestatten, im übrigen aber kaum durch weitere Tatsachen sich belegen lassen. Dadurch, dass — ähnlich wie bei der Zonentheorie — die farbenempfindende Apparatur in mehrere, verschieden reagierende Teile zerlegt wird, wird ein — die verschiedensten Kombinationen ermöglichendes — Schema geschaffen, dem fast alle überhaupt denkbaren Ausfallserscheinungen sich einordnen lassen müssen. Man wird I. v. Kries recht geben müssen, wenn er bezweifelt, „ob die Entwicklung so detaillierter Vorstellungen ohne irgend welche objektive Anhaltspunkte empfehlenswert ist" (a. a. O., S. 277). Aber auch Fröbes gibt zu, dass „die Hauptbegründung der Theorie darin liegt, dass sie die Tatsachen möglichst vollständig erklärt" (a. a. O., S. 65). Eine hervorragende Bedeutung wird man trotzdem der Müllerschen Theorie als einer vorderhand recht brauchbaren Arbeitshypothese (als solche dürfte sie auch wohl von Müller selbst aufgefasst werden) nicht absprechen können. Ein weiteres Verdienst der Müllerschen Theorie besteht darin, dass sie auf die Notwendigkeit hingewiesen hat, die physiologischen Prozesse der Leitungsbahnen (sowie zerebraler Teile!) mit in den Kreis der Betrachtung hineinzuziehen. Von den früheren Theorien war meist als selbstverständlich vorausgesetzt worden, dass nur die Netzhautprozesse für das Zustandekommen der Farbenempfindungen in Frage kämen. Die Erfahrungen auf dem Gebiete der durch Sehnervenatrophie und durch partielle Gehirnerkrankungen bedingten Ausfallserscheinungen scheinen jedoch eindringlichst darauf hinzuweisen, dass die zentralen Partien bei einer Erklärung nicht gänzlich unbeachtet bleiben dürfen (vgl. besonders Ph. Steffen, „Beiträge zur Pathologie des Farbensinnes", A. f. O. Bd. 27, II. Abt., S. 11—17, wo besonders auf die Mitwirkung eines Farbensinnzentrums im Gehirn hingewiesen wurde).

Aus diesen neuen Möglichkeiten ergeben sich für die Deutung der Farbenblindheit derartige Komplikationen, dass vorläufig von allen detaillierten Erklärungsversuchen abgesehen werden muss. Wenn auch die Wundtsche wie die Müllersche Theorie — beides sind die einzigen Auffassungsweisen, die nach Obigem für die Erklärung der Farbenblindheit noch in Frage kommen — nicht prinzipiell an eine bestimmte Lokalisation ihrer physiologischen Voraussetzungen gebunden sind, so ist eine sichere Entscheidung gegenüber der Frage nach der Sonderstellung gewisser Farbtöne auf dem Gebiete der Farbenblindheit erst dann möglich, wenn der Anteil, den die einzelnen Abschnitte der farbenempfindenden Apparatur an

dem Zustandekommen der Farbenempfindungen haben, eindeutig festgestellt und so eine sichere Grundlage für alle weiteren Hypothesen gewonnen ist.

4. Achromatische Systeme.

Anhangsweise mögen hier noch die Erscheinungen der Achromasie, der totalen Farbenblindheit wenigstens kurz registriert werden. Wenn auch die verschiedenen Formen dieser Anomalie (eine gute Uebersicht findet sich bei Grunert: „Ueber angeborene totale Farbenblindheit." A. f. O. 56, S. 132) für die einzelnen Farbtheorien von grosser Bedeutung sind und daher auch für die Frage nach einer Sonderstellung gewisser Farbtöne in mittelbarer Beziehung einiges Interesse gewinnen, muss von ihrer Behandlung hier Abstand genommen werden.

Kontrasterscheinungen.

Die unter den Bezeichnungen des Simultankontrastes (Binnen- und Randkontrastes) und des Sukzessivkontrastes (negative Nachbilder) zusammengefassten Phänomene versprechen für die Frage hinsichtlich der Sonderstellung einzelner Farbtöne nur in einiger Beziehung, besonders hinsichtlich der merkwürdigen Abweichung der Kontrastfarbe von der Gegenfarbe (s. unten S. 50), fruchtbar zu werden.

Wenn einige Theorien, die auf einer physiologischen oder psychologischen Eigenart gewisser Farbtöne basieren, in der Erklärung der hierher gehörenden Erscheinungen versagen würden, so würde das natürlich rückwirkend auch die Entscheidung über die Berechtigung jener — in der Ausnahmestellung bestimmter Farben bestehenden — Voraussetzungen in ungünstigem Sinne beeinflussen. Eine genaue Darlegung dieser Verhältnisse würde jedoch zu stark aus dem Rahmen dieser Arbeit herausfallen. Nur soviel sei festgestellt, dass die Vierfarbentheorie Herings, namentlich in der durch G. E. Müller vertretenen Modifikation, auch hier die zunächst am meisten befriedigende Interpretation der Kontrasterscheinungen zu liefern scheint. Sie stützt sich dabei auf die Annahme antagonistischer Sehprozesse. Wird in einer der drei Sehsubstanzen (Rotgrün-, Blaugelb- und Schwarzweisssubstanz) die Dissimilation erhöht, so wird in den benachbarten Netzhautpartien, in denen keine derartige Reizwirkung stattfindet, eine Abnahme der Dissimilation und eine Zunahme der Assimilation vonstatten gehen. Dieser Zuwachs an Assimilation müsste sich dann nach aussen in dem Auftreten der kontrastierenden Farbenempfindung entladen. Ganz ähnlich wäre die Entstehung der negativen Nachbilder zu erklären. Helmholtz dagegen muss, um zu einer Deutung der Kontrastphänomene zu gelangen, auf psychologische Ursachen (auf Urteilstäuschungen) zurückgreifen, eine Erklärungsweise, die heute — wenigstens für die grosse Mehrzahl der hierher gehörenden Phänomene — wohl allgemein als verfehlt bezeichnet wird. Die Wundtsche Theorie stützt sich auf die allgemein gehaltene Voraussetzung, dass die „chromatische Erregung" als „multiformer chemischer

Vorgang" mit der Wellenlänge stufenweise veränderlich ist und eine annähernd periodische Funktion derselben darstellt, deren äusserste Unterschiede einander ähnliche Wirkungen hervorbringen, während die Wirkungen gewisser zwischenliegenden Wellenlängen in der Weise entgegengesetzt sind, dass sie sich analog wie entgegengesetzte Phasen einer Schwingungsbewegung vollständig kompensieren können (Wundt, a. a. O., S. 254). Daher finden sich bei den Kontrasterscheinungen, die teils durch physiologische Ursachen („antagonistische Kontaktwirkungen", Erschöpfung der Erregbarkeit der Sinnessubstanz bei längerer Reizwirkung), teils wie bei Helmholtz durch psychologische Faktoren (wie durch eine Art unmittelbar wirksamen Gefühlskontrastes) erklärt werden, immer zwei sich kompensierende Wellenlängen aneinander gekoppelt. Ein Punkt jedoch bedarf eingehender Untersuchungen. Wie schon oben ausgeführt worden war, weicht die Kompensationsfarbe und noch mehr die Kontrastfarbe in ganz bestimmtem Sinne von der Gegenfarbe[1]) ab. Beide Abweichungen widersprechen den Voraussetzungen der Heringschen Theorie.

Diese Abweichung der Kontrastfarbe von der Gegenfarbe[2]) wurde von Hering[3]) durch eine chromatische Verstimmung des Auges bei gewöhnlichem Tageslicht erklärt. Zu denselben Anschauungen gelangt Tschermak (a. a. O.), der diese Erklärungsursache experimentell zu erweisen suchte. Die folgenden Ausführungen schliessen sich zunächst eng an die erwähnte Arbeit von Tschermak an.

Um Richtung und Grösse der hier zu diskutierenden Abweichungen festzustellen, stelle man den Heringschen Kreis der Gegenfarben dem Goetheschen Kreis der Nachbildfarben (bei für Tageslicht adaptiertem Auge) gegenüber[4]).

Im Heringschen Kreis liegen sich die Gegenfarben (urgelb und urblau, urgrün und urrot) genau gegenüber. In dem Goetheschen Kreis dagegen sind die beiden sich gegenseitig fordernden Nachbildfarben durch punktierte Durchmesser miteinander verbunden, während die Urfarben (durch ver-

---

[1]) Siehe die oben S. 18 gegebene Definition dieser Bezeichnung.

[2]) Schon Goethe stellte in seiner Farbenlehre — Tübingen 1810, I. Bd., I. Abt., S. 19 ff. — bei der Beobachtung „farbige Bilder" (= Nachbilder) fest: „So fordert Gelb das Violett, Orange das Blau, Purpur das Grün und umgekehrt. So fordern sich alle Abstufungen wechselsweise; die einfache fordert die zusammengesetzte und umgekehrt." Der simultane Kontrast liefert dieselben Ergebnisse (a. a. O., S. 23 und 56): „Malt sich auf einem Teil der Netzhaut ein farbiges Bild, so findet sich der übrige Teil sogleich in einer Disposition, die bemerkte korrespondierende Farbe hervorzubringen."

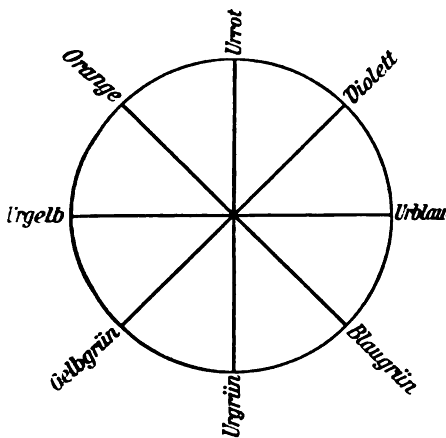
[3]) Hering: „Ueber individuelle Verschiedenheiten des Farbensinnes." Lotos. N. F. Bd. 5, 1884, S. 163, und: „Uber Ermüdung und Erholung des Sehorgans." A. f. O. Bd. 37, III. Abt., S. 1 ff.; siehe ferner Hess: „Ueber die Tonänderung der Spektralfarben infolge Ermüdung . . ." A. f. O. Bd. 36, Abt. I, S. 1 bis 32; vgl. auch Tschermak: „Ueber das Verhältnis von Gegenfarbe, Kompensationsfarbe und Kontrastfarbe." P. A. Phys. Bd. 117, S. 473, dortselbst weitere Literaturangaben.

[4]) Die etwas vereinfachten Figuren stammen aus Tschermak, a. a. O., S. 482 und 483. Man beachte auch die Tabelle auf S. 20 und die Figur 1 und 2.

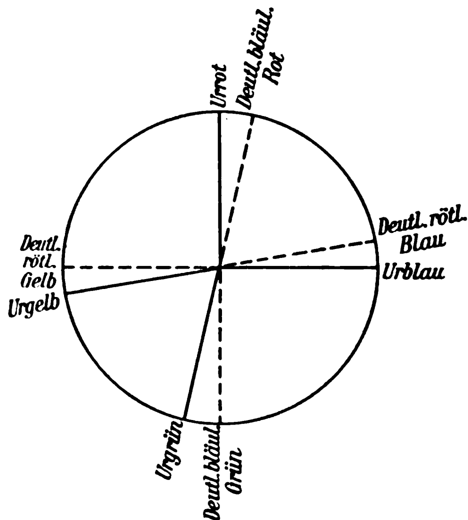
stärkte ausgezogene Linien verbunden) um eine bestimmte Winkelgrösse (annähernd 10°) vom Durchmesser nach rechts (bzw. links) abweichen. Die Kontrastfarbe des Urrot ist also nicht das Urgrün, sondern ein deutlich bläuliches Rot, die des Urgelb ein deutlich rötliches Gelb, die des Urgrün ein deutlich bläuliches Rot, die des Urgelb ein deutlich rötliches Blau. Die Abweichung der Kontrastfarbe von der Gegenfarbe könnte also so gedeutet werden, als ob man zu der Gegenfarbe immer eine bestimmte Qualität Rot oder Blau „subjektiv addiere". Die Kompensationsfarbe weicht nun in gleichem Sinne von der Gegenfarbe ab, nur ist hier der Grad der Abweichung weniger gross. Im Goetheschen Kreis der Nachbildfarben würde also die Kompensationsfarbe vom Urrot zwischen der zum Urgrün führenden, ausgezogenen und der zur Kontrastfarbe führenden punktierten Linie zu fixieren sein. Die hier folgende Tabelle mag diese Verhältnisse veranschaulichen.

Abb. 4.

Herings Kreis der Gegenfarben



Goethes Kreis der Nachbildfarben



Reizfarbe	Gegenfarbe	Kompensationsfarbe	Kontrastfarbe
Urrot	Urgrün	Urgrün + subjektive Addition von wenig Blau = schwach bläul. Grün	Urgrün + subjektive Addition von viel Blau = deutlich bläul. Grün
Urblau	Urgelb	Urgelb + subj. Addition von wenig Rot = schwach rötl. Gelb	Urgelb + subj. Addition von viel Rot = deutlich rötl. Gelb
Urgrün	Urrot	Urrot + subj. Addition von wenig Blau = schwach bläul. Rot	Urrot + subj. Addition von viel Blau = deutlich bläul. Rot
Urgelb	Urblau	Urblau + subj. Addition von wenig Rot = schwach rötl. Blau	Urblau + subj. Addition von viel Rot = deutlich rötl. Blau

Tschermak sucht nun die Abweichungen der Kontrastfarbe von der Gegenfarbe[1]) durch entsprechende Versuche bei künstlicher chromatischer Verstimmung des Auges zu erklären. Er ging folgendermassen vor: Eine schwach gelblichgrüne Brille wurde so lange (15—20 Minuten) getragen, bis die Färbung der Brille nicht mehr wahrzunehmen war und alle farbigen Sehobjekte wieder („annähernd") ihre sog. natürliche Farbe zeigten. Mit dieser während der ganzen Versuchsreihe getragenen Brille wurden zunächst durch Mischung am Farbenkreisel die vier Urfarben bestimmt und dann zu diesen Urfarben die Kompensations- und Kontrastfarben festgestellt (s. S. 480 bis 490 a. a. O.). Das Ergebnis war folgendes: „Die Kontrastfarbe weicht von der Gegenfarbe durch Addition eines bestimmten Betrages der „Adaptationsfarbe" ab. Weit beträchtlicher ist die Addition von gleichfarbiger Erregung im Nachbildprozesse in der Kontrastfarbe." Bei gelbgrün adaptiertem Auge erfordert also ein (unter den Adaptationsbedingungen bestimmtes) Urblau ein schwach grünliches Gelb als Kompensationsfarbe und liefert ein deutlich grünliches Gelb als Kontrastfarbe. „Diese prinzipielle Uebereinstimmung zwischen dem Verhalten nach künstlicher chromatischer Verstimmung und dem Verhalten bei Adaptation für unverändertes Tageslicht führt zu dem Schlusse, dass im letzten Falle eine chromatische Verstimmung für Rot und Blau besteht" (a. a. O., S. 496)[2]). „Das längere Zeit dem Tageslicht ausgesetzte Sehorgan verhält sich relativ unterempfindlich für Rot und Blau, relativ überempfindlich für Gelb und Grün: Es reagiert auf Reizlichter so, als ob ihrem für Neutralstimmung gültigen eigentlichen oder reinen Reizwert noch Gelb- und Grünvalenz in bestimmtem Ausmasse hinzugefügt wäre" (a. a. O., S. 492, vgl. auch dazu die Ergebnisse von Hess, a. a. O., S. 31).

Sowohl gegen die Gewinnung dieser Ergebnisse wie gegen ihre Interpretation sind eine Reihe von Bedenken geltend zu machen. Zunächst ist darauf hinzuweisen, dass (infolge der Erkrankung des Beobachters) die bei künstlicher chromatischer Adaptation des Auges angestellten Versuche sehr dürftig sind. Tabellarisch festgelegt sind überhaupt nur zwei Versuche mit gelbgrün adaptiertem Auge für die Urfarbe Blau[3]). Die Bestimmung der Kontrastfarben der anderen Urfarben fehlen ebenso wie die Versuche mit anderen Adaptationsfarben. Ob diese wenigen Resultate genügen, um die ganz allgemeine Behauptung aufzustellen, dass die Kontrastfarben immer im Sinne der Adaptationsfarben von der Gegenfarbe abweichen, mag vorläufig

[1]) Ueber die Abweichung, die zwischen der Kontrastfarbe und der Kompensationsfarbe festzustellen ist, siehe weiter unten S. 87.

[2]) Ob diese chromatische Verstimmung auf einer „primären Färbung" des Tageslichts oder auf einer nachträglichen Verfärbung des Tageslichts seitens der durchlässigen Medien des Auges beruht oder ob beide Faktoren zusammenwirken, lässt Tschermak unentschieden.

[3]) Ueber die Ergebnisse der Versuche mit Gelbadaptation liegen überhaupt nur zwei kurze Sätze vor.

dahingestellt bleiben. Erst systematisch und gründlich durchgeführte Versuche würden eine wirkliche Entscheidung zulassen.

Ebenso schwerwiegend dürfte ein anderes Bedenken sein. Wie Tschermak angibt, wurde die Brille „während der ganzen Beobachtungsreihe getragen, also sowohl bei Herstellung der Graugleichung mit dem Grunde als bei Bestimmung der Urfarben und bei Auswertung der Nachbildfarben"! Hierdurch wird zwar eine Analogie der Bedingungen zwischen der künstlichen Gelbgrün-Adaptation und der angeblichen Blaurot-Adaptation bei gewöhnlichem Tageslicht geschaffen; das bei gewöhnlichem Licht beobachtende Auge würde eben so arbeiten, als ob es alle farbigen Gegenstände durch eine blaurot gefärbte Brille betrachte. Aber ob bei diesen Bedingungen wirklich reine Ermüdungs- bzw. Adaptationsphänomene vorliegen, muss stark bezweifelt werden.

Bei dem Tragen einer gelbgrün gefärbten Brille sind zwei Vorgänge streng auseinander zu halten. In dem Augenblick, wo die Brille aufgesetzt wird, wirken zunächst nur Absorptionsverhältnisse. Infolge selektiver Absorption der gefärbten Brillengläser müssen sämtliche farbigen Objekte einen Zusatz von Gelbgrün erfahren. Die Farbtöne eines Farbenzirkels sind also alle in Richtung auf Gelbgrün hin verändert, die gelbgrünen Pigmente erscheinen in gesättigtem Farbton, die gegenfarbigen Lichter (Blaurot) sind stark geschwächt. Ein Versuch mit einem Stück farbigem Gelatinepapier bringt diese Tatsache anschaulich zur Geltung. Würden nun in diesem Anfangsstadium schon die Urfarben bestimmt, so würde beispielsweise das eigentlich objektive Urblau etwas grünlich (die Gelbvalenz des Gelbgrün schwächt nur das Blau) erscheinen, das durch die gefärbte Brille bestimmte, jetzt urfarbig erscheinende Blau wird also einem objektiv rötlichen Blau entsprechen. Als Kontrastfarbe zu diesem infolge der Absorption reinfarbigen, vorher rötlich gefärbten Blau erscheint nun ein — nicht mehr rötliches, sondern — reines bzw. grünlich gefärbtes Gelb. Auch die Verfärbung der Kontrastfarbe ist eine Wirkung der durch die gefärbten Gläser bedingten Absorption! Nimmt man z. B. einen Bogen Gelatine (Zimmermanns Katalog, Liste 25, Nr. 138) und betrachtet dadurch eine aus Herings farbigem Papier Nr. 15 (purpurviolett) hergestellte Kontrastscheibe[1]) derart, dass der dicht vor das Auge gehaltene farbige Gelatinebogen nur die eine Hälfte dieser Kontrastscheibe verdeckt, so sieht man die Verfärbung sowohl der induzierenden wie der induzierten Farbe gegenüber den normalen Farben der nicht bedeckten Hälfte ausserordentlich deutlich. Da diese Verhältnisse bei allen Urfarben dieselben sind, ergibt sich hieraus der Satz, dass infolge selektiver Absorption durch gefärbte Gläser alle Kontrastfarben wie durch Addition eines bestimmten Betrages der Brillenfarbe von der Gegenfarbe abweichen. Die Tat-

[1]) Als Vorlage diente Fig. 214 in Wundts Grdz., II. Bd., S. 244.

sache, dass diese aus der Absorptionswirkung der farbigen Gläser sich ergebenden Resultate genau mit den Versuchsergebnissen Tschermaks (s. seine Tabelle III, a. a. O.), der sie durch Adaptation und Ermüdung erklärt wissen will, übereinstimmen, rückt die Vermutung nahe, dass die von Tschermak beobachteten Gesetzmässigkeiten vielleicht ausschliesslich auf einer Absorptionswirkung und nicht auf irgendwelchen Adaptationserscheinungen beruhen. Nun setzt allerdings, wie zu erwarten, beim längeren Tragen der Brille, während dem die farbigen Sehobjekte wieder „angenähert" und allmählich ihre sog. „natürlichen" Farben zu zeigen beginnen, ein anderer Prozess ein, den Tschermak als eine „künstliche" Ermüdung oder chromatische Verstimmung erklärt wissen will.

Hierzu ist zu bemerken, dass diese Verhältnisse doch wohl wesentlich komplizierter liegen dürften, als Tschermak annimmt. Wenn nach einer gewissen Zeit (Tschermak gibt 15—20 Minuten an, a. a. O., S. 430) die gelbgrüne Tingierung der Brille allmählich zu verschwinden scheint und die sog. „natürlichen" Farben wieder in die Erscheinung treten, dann weist die Tatsache doch eindringlichst auf die Mitwirkung dessen hin, was man als „Gedächtnisfarbe" (im Sinne Herings) bezeichnet. Natürlich könnten auch rein physiologische Faktoren, wie eine Chromatoadaptation, hier zur Erklärung ausreichen. Jedenfalls aber darf die mögliche Mitwirkung der Gedächtnisfarben nicht ganz ausser acht gelassen werden. Zum mindesten müsste doch eine Untersuchung darüber angestellt werden, was auf Konto psychologischer Einflüsse — wie der Gedächtnisfarben — zu setzen ist und was auf der Mitwirkung physiologischer Faktoren — der Adaptationsverhältnisse — beruht. Ferner ist darauf hinzuweisen, dass eine Chromatoadaptation für eine bestimmte Farbe nicht ohne weiteres mit einer Ermüdung für diese Farben gleichzusetzen ist. Die im psychologischen Seminar der Universität Münster von R. H. Goldschmidt selbst („Klarsichtsbrillen")[1], sowie auf dessen Veranlassung durchgeführten Untersuchungen (s. Theodor Püntmann, „Ueber Farbenadaptation", Münster, Diss. vom 25. Sept. 1919) haben ergeben, dass nach ein- bis mehrstündiger Einwirkung z. B. roten Lichtes auf das Auge eine Steigerung der Empfindlichkeit für die Farbe des Adaptationslichtes eintritt. Dieser Adaptationseffekt besteht in

1. Steigerung der Sehschärfe (29—87%);
2. Sinken der Lichtreizschwelle, der Farbschwelle, der Formschwelle;
3. Verfeinerung der Farbtonunterschiedsempfindlichkeit.

Da man es nun bei der angeblichen Blaurot-Adaptation des bei gewöhnlichem Tageslicht beobachtenden Auges mit einer von Tag zu Tag sich erneuernden Daueradaptation zu tun hat, dürfte die Behauptung Tschermaks (s. oben S. 52), dass sich das „längere Zeit dem Tageslicht ausgesetzte

[1] R. H. Goldschmidt: „Klarsichtsbrillen." Z. ang. Ps. Bd. 18, 1921.

Auge relativ unterempfindlich für Rot und Blau verhalte", stark anzuzweifeln sein.

Aber selbst wenn man bei dem Tschermakschen Versuch von einer Chromatoadaptation im Sinne einer Ermüdung für die Adaptationsfarbe sprechen will, müsste immer noch festgestellt werden, was bei dieser Verfärbung der Kontrastfarbe auf Konto der Ermüdungsphänomene bzw. der rein physikalisch wirkenden Absorptionsverhältnisse zu setzen ist. Da, wie oben gezeigt wurde, die letzteren im gleichen Sinne arbeiten und für die Erklärung der Verschiebung der Kontrastfarbe nach der Adaptationsfarbe hin völlig ausreichen, dürfte es zum mindesten als fraglich erscheinen, ob der chromatischen Adaptation die von Tschermak ihr beigelegte Wirkung zuzuschreiben ist. Tschermak scheint sich des Unzugänglichen all dieser Erklärungsversuche selbst bewusst geworden zu sein. Er sagt Seite 489 seiner Arbeit: „Mit der oben... angegebenen Formulierung ist keineswegs eine erschöpfende Theorie der chromatischen Adaptation überhaupt gegeben oder versucht, zu einer solchen fehlt es meines Erachtens noch zu sehr an geeignetem Tatsachenmaterial." Diese Feststellung muss nach den obigen Ausführungen noch ganz besonders unterstrichen werden. Der Versuch Tschermaks, die Ergebnisse der künstlichen chromatischen Verstimmung als einen Beweis für eine bei gewöhnlichem Tageslicht bestehende Adaptation anzusehen, muss daher als nicht geglückt bezeichnet werden. Die Abweichung der Kontrastfarbe von der Gegenfarbe bleibt also nach der Heringschen Theorie vorläufig noch immer unerklärlich und verstärkt die Bedenken, die an anderer Stelle gegen ihre Alleingültigkeit vorgebracht werden mussten.

Positive Nachbilder sowie einige andere Erscheinungen der psychologischen Optik.

Die sog. negativen Nachbilder sind bereits im vorigen Kapitel kurz erwähnt worden. Eine Reihe verwandter Erscheinungen wie die positiven Nachbilder sowie deren farbiges Abklingen[1]), ferner die sog. Purkinjeschen Nachbilder[2]) und endlich die beim Ansteigen der Netzhauterregung zu beobachtenden Tatsachen[3]) bieten vorläufig kaum irgendwelche Anhaltspunkte für die Hervorhebung bestimmter Farbtöne. Da es sich nicht empfiehlt, für diese Phänomene eigene Abschnitte zu bilden, sollen sie hier in diesem Sammelabschnitt nur registriert bzw. ganz kurz behandelt werden. Zunächst mag in diesem Zusammenhang erwähnt werden, dass bei Bestimmung

---

[1]) Vgl. hierfür und für die folgenden Phänomene besonders Wundt, Grdz. 6, S. 195 ff.; Helmholtz, Phys. Opt., III. Aufl., Bd. II, S. 194 ff., und I. v. Kries, Ges. Empf., S. 229.

[2]) Vgl. Kries, Ges. Empf., S. 221.

[3]) Vgl. wiederum Kries, Ges. Empf., S. 226 ff., und besonders Wundt, Grdz. 6, Bd. II, S. 202 ff.

der sog. Farbzeitschwellen[1]) des öfteren „Vorfarben" auftreten, und zwar auch bei den sog. Urfarben[2]). „Wiederholt wurde beobachtet, dass bei einer nahe an der Schwelle stehenden Expositionszeit die Farbe anders aussah, als wenn sie dauernd betrachtet wurde. Abgesehen von der fast stets geringeren Sättigung, kam es häufig vor, dass ein ganz anderer Farbton gesehen wurde. So wurde z. B. das fast völlig reine, d. h. neutrale Rot, wohl als gelb oder gelblich bezeichnet, obwohl es bei gewöhnlicher Betrachtung keinerlei Gelblichkeit erkennen liess." — „Das reine neutrale Grün sah häufig gelbgrün aus" (Brückner und Kirsch, a. a. O., S. 243). Schwankender waren die Ergebnisse für reines Gelb und Blau. Bei den „Zwischenfarben" wurden meist beide „Komponenten" gleichzeitig gesehen, jedoch waren bei Gelbgrün deutlich zwei Schwellenwerte vorhanden, zuerst wurde reines Grün, dann erst Gelbgrün erkannt (Brückner und Kirsch, a. a. O., S. 250)[3]). Sollten eingehendere Untersuchungen die Behauptungen von Brückner und Kirsch bestätigen, dass auch bei den sog. Urfarben eine andersfarbige Vorfarbe auftritt, so wäre darin ein bedeutsames Argument gegen die Grundvoraussetzungen der Heringschen Theorie zu erblicken. Man beachte in diesem Zusammenhang die später noch zu behandelnden Erscheinungen des peripheren Sehens, der Farbtonänderung bei Ermüdung der Netzhaut und bei steigender und sinkender Intensität, wo die von Hering behauptete Invariabilität der Urfarben sich gleichfalls als hinfällig bzw. als stark unwahrscheinlich erwiesen hat.

Zwei Gebiete bedürfen noch einer kurzen Erörterung. Die zunächst zu diskutierenden Erscheinungen sind bereits von Purkinje[4]) als „subjektive Sinnesphänomene" eingehend beschrieben und später als „Eigenlicht der Netzhaut[5]) genauer untersucht und in einer ziemlich umfangreichen Literatur[6]) des näheren dargestellt worden. Bei gewissen „exemplarischen subjektiven optischen Phänomenen"[7]) treten nun Farbenempfindungen auf, deren Farbton

[1]) Das heisst der minimalen Zeit, welche zur Ablösung einer farbigen Gesichtsempfindung erforderlich ist; vgl. auch die „spezifische Zeitschwelle" von Kries.

[2]) Vgl. besonders die „Untersuchung über die Farbenzeitschwelle" von A. Brückner und R. Kirsch. Z. Ps. II, 46, S. 229 ff.

[3]) Vgl. hiermit die Untersuchungen von Lenz und Heine: „Ueber Farbensehen, besonders der Kunstmaler", Jena 1907, die bei Bestimmung derselben Schwellenwerte feststellten, dass von den Mischfarben zuerst nur eine Komponente erkannt wurde, bei Violett zuerst Rot, bei Gelbrot Gelb, bei Gelbgrün Gelb.

[4]) Vgl. P.: „Beobachtungen und Versuche zur Phys. der Sinne", 12, I; G. Calve, Prag 1823, und G. Reimer, Berlin 1825, zit. nach Goldschmidt, E. S. O. P., S. 300.

[5]) Vgl. R. H. Goldschmidt: „Die Frage nach dem Wesen des Eigenlichts . . ."; Wundts psych. Stud. Bd. 10, S. 101 ff.; ferner Goldschmidt, E. S. O. P.

[6]) Weitere Literaturangaben siehe Goldschmidt, a. a. O., sowie Lohmann: „Entoptische Erscheinungen" im Erg.- und Rerg.-Bd. d. Nagelschen Handbuches d. Phys. d. Menschen; 1910.

[7]) Das heisst solchen Eigenlichterscheinungen, „die irgendwie im Beobachter selbst zustande kommen" und „keinerlei unmittelbare Beziehungen zu

sich mit einer gewissen Annäherung durch Anwendung einer „Vergleichsreizmethode“ (Goldschmidt, E.S.O.P., S. 367, Anm. I u. S. 430) bestimmen lässt. Diese Bestimmungen scheinen nun nach Goldschmidt zu ergeben, „dass sämtliche E.S.O.P.-Farben — so verschieden sie auch von verschiedenen Beobachtern bezeichnet werden mögen — jeweils der einen oder anderen von Herings Urfarben völlig oder wenigstens sehr annähernd zu gleichen pflegen; d. h. die als irgendwie gelblich bezeichneten E.S.O.P.-Farben pflegen dem Urgelb, die als irgendwie bläulich bezeichneten dem Urblau und die als irgendwie rötlich bezeichneten endlich dem Urrot zu gleichen“ (Goldschmidt, E.S.O.P., S. 368), während „grüne E.S.O.P.-Färbungen von verhältnismässig wohl nur sehr wenigen Beobachtern bemerkt zu werden pflegen“ (Goldschmidt, E.S.O.P., S. 370, Anm. I).

Diese Ergebnisse, „die zu mannigfachen theoretischen Betrachtungen über das Farbensehen, zu neuen Fragestellungen und zu neuen Untersuchungen herausfordern“ (Goldschmidt, E.S.O.P., S. 370), dürften aber wohl kaum in dem Sinne einer unmittelbaren Bestätigung der Heringschen Anschauungen verwertet werden; sie scheinen vielmehr nach der Ansicht Goldschmidts eher auf eine mehr oder weniger rein psychologische Deutung hinzuweisen, etwa derart, als ob bei E.S.O.P.-Beobachtungen (vielleicht aber auch im Vorstellungsleben überhaupt) für die von Hering als Urfarben charakterisierten Farbtöne eine besonders grosse „Geläufigkeit“, eine gesteigerte „Auffassungsbereitschaft“ vorhanden wäre. Eine ausführliche Behandlung dieser Probleme (besonders der „Farbcharaktere“ Goldschmidts) ist daher weiter unten in dem rein psychologisch zu behandelnden Abschnitt über die „phänomenologische Analyse“ (s. S. 90 ff.) durchzuführen.

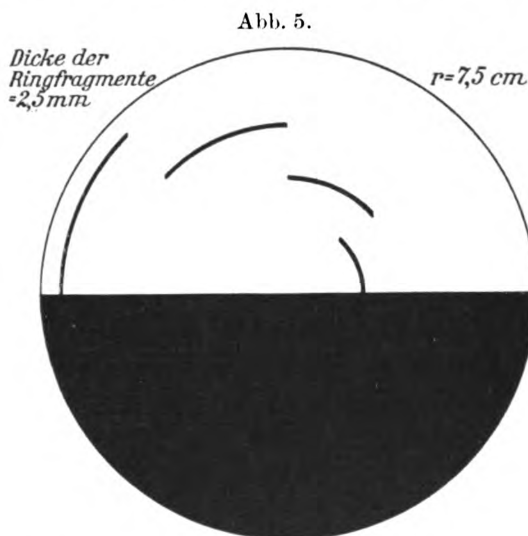
Einige andere hier nur kurz zu streifende Phänomene werden von Kries unter der Rubrik „Farbeninduktion durch weisses Licht“ (Kries, a. a. O., S. 245) zusammengefasst. Wenn eine Scheibe etwa von der auf S. 58 gezeichneten Form, die lediglich aus Schwarz und Weiss in einer bestimmten Verteilung besteht, am Farbenkreisel in eine ziemlich langsame Umdrehung versetzt wird, treten gewisse Farbenerscheinungen auf, die besonders bei dem Licht einer elektrischen Glühbirne (bei Tageslicht sind die Erscheinungen etwas matter) als äusserst frappant zu imponieren pflegen. Man sieht bei Umdrehung der Scheibe in der radialen Entfernung der vier in die weisse Halbscheibe hineinragenden Ringfragmente vier verschiedenfarbige Ringe, von denen der innerste leuchtend hellrot (bzw. gelbrot) mit einem eigentümlichen Metall- oder Seidenglanz, die mittleren dunkel blaugrün[1]) und der

äusseren Reizen aufweisen“ — die ausführliche Definition siehe bei Goldschmidt, E. S. O. P., der diesen Erscheinungen umfangreiche Untersuchungen gewidmet hat.

[1]) Diese Färbung tritt besonders bei etwas geringerer Umdrehungsgeschwindigkeit auf.

äusserste schön blauviolett erscheint. Diese Erscheinungen, die von I. v. Kries „als einer Erklärung vorläufig nicht zugänglich" bezeichnet werden[1]), sind bereits von Fechner und Helmholtz (Phys. Opt. III. Aufl., S. 216) beschrieben und von neueren Forschern[2]) etwas eingehender untersucht worden. Neuerdings sind diese Phänomene von Pickler sogar zur Grundlage

Abb. 5.



einer „Hypothesenfreien Theorie der Gegenfarben" (Leipzig 1919) gemacht worden. Da über diese Phänomene, die für die Frage nach einer spezifischen Differenzierung unter Umständen von einiger Bedeutung sein könnten, Untersuchungen, die von R. H. Goldschmidt und vom Verfasser gemeinsam in Angriff genommen wurden, noch im Gange sind, sei von ihrer Diskussion in dieser Arbeit vorläufig abgesehen.

Die Erscheinungen des peripheren Sehens.

Die Tatsache, dass einzelne Farbtöne bei zunehmend peripherer Betrachtung ihren Farbton mehr oder weniger verändern, war schon seit längerer Zeit bekannt. Bereits Purkinje (zitiert nach Helmholtz, Phys. Opt., Bd. II, III. Aufl., S. 301) erwähnte, dass das Purpur an der äussersten Grenze blau erscheine, wenn es weiter in das Gesichtsfeld einrückt, violett werde und endlich seine eigentliche Farbe erhalte. Und Helmholtz (a. a. O., S. 301)

[1]) Kries, a. a. O., S. 245; vgl. auch Wirth: „Fortschritte auf dem Gebiete der Psychophysik der Licht- und Farbenempfindung." A. Ps. Bd. I, 1903, L. S. 32, der sie zu den „Abnormitäten" rechnet.

[2]) Vgl. besonders Bidwell: „On the Negative After-images Following Brief Retinal Excitation." Proceedings of the Royal Society of London, vol. 61, 1907; ferner Bagley: „An Investigation of Fechner Colours." Am. Journal of Psychology, Bd. 8, 4, 1902, S. 485—486, sowie Baumann: „Beiträge zur Physiologie des Sehens." P. A. Phys. Bd. 166, 1917, S. 212 und Bd. 146, S. 543.

glaubt feststellen zu können, dass die Netzhaut am Rande gegen blaues und grünes Licht empfindlicher ist als gegen rotes. Aber erst aus den letzten Jahrzehnten des vorigen Jahrhunderts liegen genauere experimentelle Untersuchungen vor, deren Ergebnisse von den verschiedenen Farbentheorien für ihre Zwecke ausgewertet werden konnten. Für das Problem der Sonderstellung einzelner Farben sind die Erscheinungen des peripheren Sehens von grosser theoretischer Bedeutung. Sie sollen daher an Hand der einzelnen Untersuchungen entsprechend berücksichtigt werden. Die wichtigsten Arbeiten, deren Ergebnisse hier kritisch miteinander verglichen werden sollen, seien hier in chronologischer Reihenfolge ausgeführt:

1. Dobrowolski, „Ueber Empfindlichkeit gegen Spektralfarben ...“ P. A. Phys. 12.
2. Rühlmann, „Ueber Verhältnisse der Farbenempfindungen bei indirektem Sehen“, A. f. O., Bd. 20, I. Abt.
3. Hess, „Ueber den Farbensinn bei indirektem Sehen“, A. f. O., Bd. 35, Abt. 4, 1885.
4. Kirschmann, „Die Farbenempfindung im indirekten Sehen“, Wundts Phil. Stud.
5. Hellpach, „Die Farbenwahrnehmung im indirekten Sehen“, Phil. Stud., Bd. 15, 1900.
6. Peters, Die Farbenempfindung der Netzhautperipherie bei Dunkeladaptation und konst. subj. Helligkeit“, A. f. Ps., Bd. III, 1904.
7. Dreher, „Method. Untersuchungen der Farbtonveränderungen homogener Lichter bei zunehmendem indirekten Sehen und veränderter Intensität“, Z. Ps. II, 46, 1912.
8. L. M. Day, „The effect on illumination on peripheral vision“, The American Journal of Psychology, Vol. 23. 1912.
9. Ferree und Rand, „Ueber die Bestimmung der Sensibilität der Retina für farbiges Licht in radiometrischen Einheiten“, Z. Ps. II, Bd. 46, 1912.

Dobrowolski, der zwar mit Spektralfarben, im übrigen aber noch nach ziemlich unvollkommener Versuchsmethodik arbeitete, gelangte zu folgenden Ergebnissen (a. a. O., S. 457): „Die äusserste Grenze für Rot liegt zum Zentrum am nächsten, darauf folgt die Grenze für Grün und am weitesten zur Peripherie hin liegt die Grenze für Blau.“ Zu etwas anderen Resultaten führten die Grenzbestimmungen Rühlmanns, der auch die Uebergangstöne, die die einzelnen Farbtöne beim Wandern auf der Netzhaut durchlaufen, feststellte.

So sollen (a. a. O., S. 15) spektrales Rot bei zunehmendem peripheren Sehen über Orange in Gelb, Violett in Blau, Grün über Goldgelb, Gelb in fast reines Weiss übergehen.

Von ungleich höherem Interesse ist die Arbeit von Hess. Er ging von der Voraussetzung aus, dass für die peripheren Versuche 1. ein neutral gestimmtes, d. h. vorher dunkel adaptiertes Auge, 2. Farben von gleichgrosser farbiger und weisser Valenz (s. weiter unten S. 62) gewählt werden müssen und erklärt die unterschiedlichen Resultate, die die früheren Arbeiten aufweisen, damit, dass diese Umstände nicht genügende Berücksichtigung gefunden haben. Zwei Aufgaben waren es, deren Lösung Hess in Angriff nahm. Zunächst gilt es, festzustellen, welcher Art die Farbtonänderungen waren, die ein farbloses Licht

oder ein farbiges Pigment bei zunehmend exzentrischem Sehen erfuhr. Die Art dieser Farbtonänderungen wurde einfach durch die Aussagen der Versuchspersonen festgestellt. Man kann diese Methode vielleicht als „Benennungsmethode" charakterisieren. Eine weitere, erst im Verlauf der Untersuchung sich ergebende Aufgabe bestand darin, bei gewissen Farbtönen, die, wie gleich gezeigt werden wird, ihren Farbton nicht ändern, den Winkel zu bestimmen, unter dem der Umschlag der farbigen Empfindung in eine farblose erfolgt. Dieser Umschlag ins Farblose war dann erreicht, wenn keinerlei Unterschied mehr zwischen dem farbigen Licht, dessen Veränderung bei zunehmend exzentrischem Sehen beobachtet werden sollte, und einer zum Vergleich dienenden grauen Scheibe festzustellen war. Diese Methode sei daher als „Vergleichsmethode" bezeichnet. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen waren folgende: „Alle Zwischenfarben zwischen reinem Gelb und einerseits reinem Rot, anderseits reinem Grün des Farbenzirkels verlieren bei zunehmend indirektem Sehen mehr und mehr ihr Rot oder Grün, spielen immer mehr ins Gelb, werden dann gelb und endlich farblos, alle Zwischenfarben zwischen reinem Blau und einerseits reinem Rot, anderseits reinem Grün, werden dann blau und endlich auch farblos. Nur gewisse gelbe und blaue und zuweilen ganz bestimmte rote und grüne Scheiben werden unter mehr und mehr abnehmender Sättigung schliesslich farblos, ohne ihren Ton geändert zu haben" (a. a. O., S. 6 und 7). Die letzteren vier Farben bezeichnet Hess als die unveränderlichen (invariablen) Farben. Von diesen vier invariablen Farben verlieren Rot und Grün bei zunehmend exzentrischer Betrachtung weit eher ihren Farbton als Blau und Gelb. Und zwar nimmt „der Rotsinn auf den einzelnen Netzhautradien mit der Exzentrizität der Netzhautstellen in genau demselben Maße ab wie der Grünsinn, der Gelbsinn ebenso wie der Blausinn". Die Grenzen, jenseits deren die Empfindung für Rot und Grün ins Farblose umschlagen, differieren um höchstens 1,4° miteinander, so dass eine völlige Kongruenz der „Rotgrenze" und „Grüngrenze" angenommen werden muss. Bei einer Bestimmung des Farbtons dieser vier invariablen Farben ergab sich nach Hess, dass sie identisch sind mit den vier Urfarben Herings. „Diese sind für mich charakterisiert dadurch, „dass das Gelb und Blau keinen deutlichen Stich ins Rote oder Grüne, dass Rot und Grün keinen solchen ins Gelbe oder Blaue zeigen" (a. a. O., S. 12). Ausserdem wurde experimentell festgestellt, dass je zwei dieser invariablen Farbtöne gleichzeitig Kompensationsfarben (im Sinne Tschermaks) sind, und dass das invariable Rot und Grün und das invariable Gelb und Blau einander zu Weiss aufheben.

Man hat demnach nach Hess innerhalb der Retina drei verschiedene (annähernd!) konzentrisch um die Makula orientierte Zonen zu unterscheiden, erstens eine innere, die für alle Farben empfindlich ist und deren Peripherie durch die zusammenfallenden „Rot"- und „Grüngrenzen" bestimmt wird, zweitens eine mittlere, in der nur noch eine Empfindlichkeit für Blau und Gelb vorhanden ist (nach aussen durch die gleichfalls zusammenfallende Blau- und Gelblinie begrenzt), und drittens eine äussere Zone, in der nur noch Helligkeitsunterschiede wahrzunehmen sind. Die Empfindungen der innersten Zone wären denen des farbentüchtigen Trichromaten, die der mittleren denen des Dichromaten und die der äusseren denen des Achromaten gleichzusetzen. Es erübrigt sich, näher auseinanderzusetzen, wie einfach sich diese Ergebnisse mit der Heringschen Vierfarbentheorie in Einklang bringen lassen, als deren wichtigste Stützen sie in der Tat immer betrachtet worden sind. Die von Hering behauptete physiologische Sonderstellung der vier Urfarben würde durch diese Ergebnisse ausserordentlich

scharf charakterisiert werden. Noch heute wird diese dreizonige Einteilung der Retina in vielen Lehrbüchern der Psychologie (vgl. Titchener, Psychol., S. 81, Fröbes, Psychol., S. 60, Ebbinghaus, Grdz., S. 205) in mehr oder weniger grosser Uebereinstimmung mit der grundlegenden Arbeit von Hess festgehalten.

Die Helmholtzsche Theorie steht diesen Ergebnissen ziemlich ratlos gegenüber. Auch bei der Erklärung der neueren, weiter unten zu behandelnden Versuchsergebnisse vermag sie nur in der von Kries und anderen vorgenommenen Modifikation mitzuwirken[1]). Auch I. v. Kries[2]) muss zugeben, dass die Tatsachen des peripheren Sehens „auf dem Boden einer Dreikomponententheorie“ nicht so leicht erklärt werden können. Durch seine Zonentheorie, nach der die dreikomponentige Gliederung „die Bildung zwar eines Teiles, aber nicht des ganzen Sehorgans bezeichnet, vielmehr ihre Tätigkeiten zentralwärts sich in Vorgänge anderer Art umsetzen“, versucht er, diese Schwierigkeiten für die Helmholtzsche Theorie zu beseitigen[3]). Von Wichtigkeit ist der Hinweis von Kries, dass die Uebereinstimmung zwischen den Empfindungen der mittleren Blaugelbzone und denen des dichromatischen Sehens nur in gewissem einschränkenden Sinne zurecht besteht, dass „zwar die Verwechslungsgleichungen einer normalen Peripherie annähernd mit denen der Deuteranopen übereinstimmen, von denen der Protanopen aber durchaus verschieden sind“ (a. a. O., S. 200). Ein gewisses Blaurotgemisch erscheint nach Kries (a. a. O., S. 201) bei genügend exzentrischem Sehen sowohl dem normalen wie dem deuteranopen Auge (diesem auch bei zentraler Beobachtung) farblos, dem Protanopen dagegen unter den gleichen Bedingungen lebhaft blau und viel zu dunkel im Vergleich zu Weiss. Die Heringsche Theorie, die schon bei den Erscheinungen der Farbenblindheit (s. oben S. 41) den Unterschied zwischen protanopischem und deuteranopischem Sehen nicht zu deuten vermochte, verwickelt sich auch hier in Schwierigkeiten.

Aber auch die Hauptergebnisse der Heßschen Arbeit müssen einer Kritik unterzogen werden. Wenn auch die an sich vielleicht einwandfreie Versuchsanordnung (streng unwissentliches Verfahren!) selbst zu Bedenken keinen Anlass bietet, muss doch auf den Uebelstand hingewiesen werden, dass die wichtigsten Resultate nur mit Pigmentfarben erzielt und dass diese Ergebnisse durch einige Versuche mit Spektralfarben lediglich kontrolliert wurden. Eine Bestimmung der Wellenlänge der vier unveränderlichen Farbtöne ergab folgendes: Für Gelb im Mittel 574 $\mu\mu$, für Grün zwischen 497 $\mu\mu$ und 494 $\mu\mu$, für Blau zwischen 472 $\mu\mu$ und 470 $\mu\mu$ (a. a. O., S. 20 und 21). Für das unveränderliche Rot war dagegen eine Spektralfarbe nicht vorhanden, vielmehr musste dem Spektralrot noch etwas Violett zugesetzt werden. Nun behauptet zwar Hess (a. a. O., S. 12), dass die vier unveränderlichen Farbtöne auch Urfarben seien, aber von einem Grün, das zwischen den Wellenlängen 497 $\mu\mu$ und 494 $\mu\mu$ liegt, trifft dies zum mindesten nicht zu. Dieser Spektralabschnitt erscheint vielmehr dem farbentüchtigen Auge deutlich bläulich grün. Auch das Urrot dürfte sehr stark ins Violette hinüberspielen (s. auch Fick, a. a. O., S. 285). Hess muss, um diese Abweichung erklären zu können, wieder auf die schon oben abgelehnte Annahme zurückgreifen, dass das Auge bei gewöhn-

---

[1]) Vgl. auch Hering, „Ueber die Hypothesen zur Erklärung der peripheren Farbenblindheit“, A. f. O., Bd. 35, III. Abt. ff., ferner Hering, „Prüfung der sog. Farbendreiecke mit Hilfe des Farbensinnes exzentrischer Netzhautstellen“, P. A. Phys., Bd. 47, S. 417; s. aber Fick, „Zur Theorie des Farbsinnes bei indirektem Sehen“, P. A. Phys., Bd. 47, 1890.

[2]) a. a. O., S. 203; vgl. ferner den von ihm bearbeiteten Abschnitt II. Bd. der Physiol. Opt. von Helmholtz, III. Aufl., S. 358.

[3]) Vgl. aber dazu die prinzipiellen Einwendungen, die oben S. 42 gegen die Zonentheorie gemacht wurden.

lichem Tageslicht chromatisch ermüdet sei, und zwar in diesem Falle für Gelb (s. S. 22 ff., a. a. O.). Die Tatsache, dass je nach den Abweichungen, die erklärt werden sollen, einmal eine Ermüdung für blaues bzw. rotes Licht (Tschermak, s. oben S. 52), ein andermal eine solche für gelbes (Hess) angenommen wird, weist deutlich auf das Unzugängliche dieses Erklärungsversuches hin.

Eine weitere methodische Fehlerquelle ist im folgenden zu erblicken. Hess ging, wie oben erwähnt, von der Bedingung aus, dass immer nur Mischfarben von gleicher Weissvalenz genommen werden dürften. Nur wenn zwei annähernd gegenfarbige Reizlichter eine gleichgrosse Weissvalenz[1]) besitzen, ist eine völlige Kongruenz der beiden gegenfarbigen Begrenzungslinien zu erwarten. Hess ging nun folgendermassen vor: Er suchte unter den farbigen Papieren zwei annähernd gegenfarbige aus, veränderte 1. den Farbton (durch Zusatz anderer farbiger Sektoren auf dem Farbenkreisel) und 2. ihren Weissgehalt (durch Zusatz von Weißsektoren) so lange, bis beide annähernd zu gleicher Zeit, d. h. in derselben Entfernung vom Netzhautzentrum farblos wurden und auf einem farblosen Grunde, dessen Helligkeit verändert und gemessen werden konnte, völlig verschwanden. Diese Farbtöne sollen nun 1. Urfarben sein und 2. gleiche Valenz besitzen. Punkt eins ist bereits oben einer Kritik unterzogen worden. Aber auch die zweite Behauptung erscheint bedenklich. Wenn Hess diesen Farbtönen nur darum gleiche Valenz zuschreibt, weil sie in gleichem Abstande vom Netzhautzentrum farblos werden, so liegt darin ein Zirkelschluss versteckt, der von Hess nicht beobachtet zu sein scheint. Denn die Behauptung: „Jetzt müssen beide Reizlichter gleiche Valenz besitzen", beruht dann eben auf der erst zu beweisenden Voraussetzung der Heringschen Theorie, dass die Lichter von gleicher Weissvalenz in gleichem peripheren Abstand farblos werden (vgl. dazu auch Hellpach, a. a. O., S. 546).

Noch ein Uebelstand darf nicht unerwähnt bleiben. Auch die Heßsche Arbeit beschränkt sich bei den peripheren Untersuchungen mehr oder weniger auf Stichproben. Wie die Tabellen (a. a. O., S. 45 ff.) zeigen, wurden nur längs vier verschiedener (um je 45° gedrehter) Durchmesser Messungen ausgeführt.

Kirschmann, der auf diesen Fehler der Heßschen Arbeit hinwies (a. a. O., S. 597), dehnte daher seine Untersuchungen auf eine grössere Zahl von Netzhautmeridianen aus. Er arbeitete grösstenteils mit helladaptiertem Auge und verwendete ausser Spektralfarben (nur wenige Versuche!) farbige Gelatineplatten und — in der Hauptsache — stark gesättigte, farbige Pigmente (Versuchsanordnung s. S. 588 ff.). Auf die Verwendung von Farben mit gleicher Helligkeit und gleichem Sättigungsgrad wurde — wie es scheint — weniger Wert gelegt. Kirschmann erwähnt zwar bei der Beschreibung der Gelatinetafeln, dass er „annähernd" auf gleiche Helligkeit abgestufte Kombinationen dieser Tafeln benutzt habe, scheint aber bei der Verwendung sowohl der Spektralfarben wie der Pigmentfarben keine Regulierung nach Helligkeit und Sättigung vorgenommen zu haben.

Auch die Problemstellung Kirschmanns ist wesentlich verschieden von derjenigen der Heßschen Arbeit. Da Kirschmann als ein Anhänger der Wundtschen Schule die Existenz von Urfarben im Sinne Herings, die sich hier beim peripheren Sehen durch ihr Verhalten als invariable Farben dokumentieren müssten, leugnet, kommt für ihn die Aufgabe, das Vorhandensein solcher unveränderlichen Farbtöne experimentell zu erweisen, gar nicht in Betracht. In seiner ganzen Arbeit findet sich keine Zeile, die die Existenz solcher

[1]) Unter Weissvalenz eines Lichtes versteht Hering „den Helligkeitswert für eine Netzhautstelle, welche das farbige Licht wegen mangelhaften Farbensinnes oder aus anderen Gründen farblos sieht", vgl. Hess, a. a. O., S. 30.

invariablen Farbtöne überhaupt in Erwägung zieht. Die Untersuchungen Kirschmanns bezwecken in erster Linie, die retinalen „Wahrnehmungsbezirke" für verschiedene Farbtöne (im ganzen 7) festzustellen, wobei es gleichgültig blieb, ob die Empfindung, deren Ausdehnungsbereich gemessen werden sollte, von einer gleichfarbigen Reizfarbe herrührte oder als Vorfarbe einer andersfarbigen Reizfarbe auftrat. So stellt er beispielsweise für eine Reihe von unterschiedlichen grünen Tönen (Gelbgrün bis Blaugrün) die exzentrischen Grenzen fest, an denen — von der äussersten Netzhaut ausgehend — zum erstenmal die Empfindung von etwas „Grünem" auftritt (vgl. hierzu auch Kirschmann, Normale und anomale Farbensysteme, A. f. Ps., Bd. 6, S. 420). Der Beobachter hat also „nicht anzugeben, wann er Gelbgrün, gelbliches oder bläuliches Grün erkennt, sondern nur anzugeben, wann die Empfindung „Grün" in seiner Wahrnehmung auftritt" (a. a. O., S. 667, Unwissentliches Verfahren, Bennenungsmethode!). Die aus dem Verhalten dieser unterschiedlichen grünlichen Farbtöne gewonnenen Ergebnisse wurden nun in Mittelwerte umgerechnet und so die Grenze für Grün für die verschiedenen Meridiane festgestellt. Die Mittelwerte wurden für sieben verschiedene Farbtöne (Purpur, Orange, Violett, Grün, Gelb, Blau) berechnet und daraus der Verlauf der Isochromen (der Linien gleicher Farbenempfindung, s. Wundt, a. a. O., S. 158) bestimmt.

Die Ergebnisse Kirschmanns sind folgende: Die Wahrnehmungsbezirke für Rot und Grün resp. Purpur und Grün im indirekten Sehen fallen ebensowenig zusammen wie diejenigen für Gelb und Blau" (a. a. O., S. 613). Besonders die Isochromen für Rot und Grün fallen deutlich auseinander. Auf fast allen Figuren der Tafel II (a. a. O.) zeigt sich, dass die Grünzone völlig innerhalb der Rotzone liegt. Aber auch zwischen Gelb und Blau ist keine Kongruenz der Begrenzungslinie festzustellen. Am weitesten aussen in der Peripherie liegt die Grenze für Blau, dann folgt Gelb, Rot, Purpur und Orange (die Isochromen der drei letzten Farben greifen ineinander über), endlich Grün und am weitesten nach innen Violett! Alle Isochromen sind mehr oder weniger labil und zeigen je nach den verschiedenen Richtungen vom Zentrum aus ein ganz verschiedenes Verhalten. Ebenso sind die interindividuellen Differenzen sehr beträchtlich. Kirschmann weist besonders auf die Tatsache hin, dass „Blau den grössten, Violett den kleinsten Empfindungskreis besitzt" und glaubt hierin ebenso wie in den oben angeführten anderen Ergebnissen starke Gegenargumente gegen die Heringsche Theorie zu erblicken.

Der auffällige Unterschied dieser Ergebnisse von denen der Heßschen Untersuchung könnte unter Umständen in der veränderten Versuchsmethodik Kirschmanns eine hinreichende Erklärung finden. Kirschmann arbeitete weder mit — nach Helligkeit und Sättigungsgrad — gleichen Farbtönen, noch verwendete er völlig reine, urfarbige Pigmente (vgl. die Besprechung der Kirschmannschen Arbeit durch Hess im Literaturbericht der Z. Ps., Bd. 7, S. 216). Er behauptete zwar (a. a. O., S. 599), dass bei Verwendung eines urfarbigen (statt eines von ihm benutzten spektralen) Rot die Inkongruenz der Grün- und Rot-Isochromen noch stärker sich geltend machen würde; aber eine experimentelle Bestätigung dieser Behauptung würde von den Anhängern Herings nur dann als beweiskräftig angesehen werden, wenn er mit Farben von gleichgrosser farbiger und weisser Valenz experimentiert hätte. Auch liegen in der Versuchsmethodik Kirschmanns weitere starke Fehlerquellen technischer Art (s. seine Ausführungen, a. a. O., S. 602 ff.) versteckt, auf deren Konto ein mehr oder weniger grosser Teil der Abweichungen geschrieben werden könnte. Auch bei Hess zeigen die Isochromen für die verschiedenen Farben eine gewisse Labilität. Die Streitfrage dreht

sich nur darum, ob diese Schwankungen durch Ungleichheit der Versuchsbedingungen (ungleiche Adaptations-, Helligkeits- und Sättigungsverhältnisse, verschiedene Grösse der farbigen Objekte u. dgl.) bedingt sind und in Fortfall kommen, sobald einwandfreie und gleichmässige Versuchsbedingungen vorliegen, oder ob diese Unregelmässigkeit und Variabilität im Verlauf der Isochromen ein getreues Abbild der anatomisch physiologischen Struktur der Netzhaut darstellt.

Für die weiteren Untersuchungen war demnach der Weg, auf dem eine Entscheidung zu erstreben war, vorgezeichnet. Möglichst einwandfreie, exakte Versuchsbedingungen: Spektralfarben, unwissentliches Verfahren, Vergleichsmethode, gleiche Grösse der Reizlichter, eventuell Gleichheit der Sättigung und der Intensität... sowie Ausdehnung der Versuche auf eine grössere Anzahl von Meridianen! In dieser Hinsicht bedeuten die Versuche Hellpachs einen nicht unbeträchtlichen Fortschritt. Zum ersten Male wurde jetzt ein brauchbarer Apparat, der die Verwendung spektralreiner Reizlichter gestattete, das später in Wundts Grdz. 6, Bd. II, Abb. 201 dargestellte Perimeter, verwandt (vgl. auch Hellpach, a. a. O., S. 526). Auch wurde eine erheblich grössere Anzahl von Meridianen (18) untersucht. Zur Erzeugung der spektralreinen Töne diente eine Kombination der Kirschmannschen Gelatinetafeln (vgl. dazu die allerdings sehr viel später erschienene Abhandlung von Kirschmann, „Ueber die Herstellung monochromatischen Lichts in grösseren Flächen", Psych. Stud., Bd. 10, S. 185). Nur für das reine Gelb wurde ein Lippichsches „Strahlenfilter" benutzt (a. a. O., S. 530), das ein absolut reines gelbes Licht (das der Na-Linie) lieferte. Durch Vorsetzen mehrerer Mattglasscheiben wurde versucht, den verschiedenen Reizlichtern eine „annähernd" gleiche Intensität zu verleihen. Die Gleichheit der Intensität wurde teils durch direkten Vergleich, teils durch Fettfleckphotometer festgelegt. Eine völlige Gleichheit war aber deshalb nicht zu erzielen, weil auch bei den Photometermessungen natürlich die direkte Vergleichung benutzt und deshalb mehr oder weniger starke individuelle Differenzen mit in Kauf genommen werden mussten. Ausserdem wurde der Wert einer wirklich totalen Gleichheit dadurch illusorisch, „dass die Empfindung der Intensität auf den Seitenteilen der Netzhaut zunimmt, und zwar... nicht nur für die einzelnen Zonen, sondern auch für die einzelnen Farben um verschiedene Beträge" (a. a. O., S. 529). Diese Feststellung ist deshalb von Wert, weil sich zeigt, dass der Forderung nach möglichst exakten Versuchsbedingungen gewisse Grenzen gezogen sind. Auch können kaum alle Forderungen, wie „gleiche Intensität", „gleiche Weiss- und gleiche farbige Valenz", gleichzeitig erfüllt werden. Immer muss die Erfüllung der einen Bedingung zugunsten der andern zurücktreten.

Hellpach arbeitete mit sieben Farben von Reizlichtern, die — abgesehen vom Gelb — durch Kombination der Kirschmannschen Gelatinetafeln gewonnen wurden: Rot, Orange, Gelb, Grün, Blau, Violett und Purpur. Die Methode der Untersuchungen war „die der Minimaländerungen in zentripetaler Richtung und mit wissentlichem Verfahren bei dunkeladaptiertem Auge" (s. S. 554 a. a. O.). Die Ergebnisse Hellpachs weichen ausserordentlich stark von denen der Heßschen Untersuchungen ab. Von irgend einer Kongruenz der Rot- und Grün- bzw. Blau- und Gelb-Isochromen ist auch nicht entfernt die Rede. Die Labilität der einzelnen Isochromen ist bei Hellpach noch weit grösser als bei Kirschmann. „Eine speziellere Topographie der Farben von allgemeiner Geltung ist nicht zu gewinnen" (a. a. O., S. 534). Ganz allgemein ist festzustellen, dass Grün nächst Orange den weitesten, Violett überhaupt den engsten Bezirk einnimmt, während die Grenzen für Blau, Rot und

Purpur nahe beieinander liegen (a. a. O., S. 547). Die Abbildungen 1—10 der Hellpachschen Arbeit (vgl. auch Abb. 200 auf S. 185 von Wundts Grdz., Bd. II, 6. Aufl.), die den Verlauf der Isochromen auf beiden Netzhäuten darstellen, weisen auch nicht im geringsten mehr auf die von Hess behauptete dreizonige Einteilung der Netzhaut hin. Dagegen scheint nach den Resultaten Hellpachs eine Einteilung anderer Art zu bestehen, und zwar soll die Netzhaut „hinsichtlich der Farbenwahrnehmung in vier Zonen zerfallen, die (äusserste) gegenfarbige, die farblose, die nebenfarbige und die gleichfarbige". Die nebenfarbige Zone soll bei Purpur, Orange und Blau fehlen, während Rot, Gelb, Grün und Violett der Reihe nach die Vorfarben Orange, Gelb und Blau aufweisen. Besonders auffällig ist die Behauptung, dass das Gelb im indirekten Sehen nicht existieren und meist sofort als Orange (und zwar als auffälliges Rotorange!) empfunden werden soll. Diese „verwickelten Befunde des indirekten Farbensehens werden durch die Young-Helmholtzsche und die Heringsche Hypothese zum Teil nicht erklärt, zum Teil widersprechen sie jener Theorie direkt" (a. a. O., S. 554 unten), während sie mit der Wundtschen Stufentheorie wenigstens in Einklang zu bringen sind, wenn auch „eine genauere Deutung der Farbenerscheinungen bei der unbekannten Konstitution der Sehsubstanz und der wenig untersuchten Abhängigkeit verwickelter chemischer Vorgänge von Lichteinwirkungen" vorderhand „unmöglich" ist (a. a. O., S. 555).

Eine Kritik dieser Ergebnisse hat vor allem auf folgende Punkte hinzuweisen: Hellpach erklärt zwar Seite 554 die Verwendung von Spektralfarben als eine unerlässliche Bedingung „zur Ermittlung wissenschaftlich zuverlässiger Befunde über das Farbensehen", ob aber die von ihm benutzten Kombinationen der Kirschmannschen Gelatinetafeln wirklich allen Ansprüchen auf Reinheit genügen, dürfte nach einer Einsicht in die Tabellen 1 und 2 (a. a. O., S. 529—530), wo der Bereich der durchgelassenen Wellenlängen zahlenmässig festgelegt ist, füglich bezweifelt werden. Nur ein einziger der von Hellpach benutzten Farbtöne ist als ein relativ spektralreiner anzunehmen, das mittels des Lippichschen Strahlenfilters hergestellte Gelb, zu dessen Erzeugung ausschliesslich die Strahlen der Na-Linie Verwendung fanden. Und gerade für dieses relativ spektralreine Gelb wurde festgestellt, dass es in den peripheren Regionen — jenseits eines Abstandes von vier Bogengraden von der Zentralgrube — überhaupt keine Gelbempfindung erzeugt, sondern als „ganz ausgesprochenes Rotorange" empfunden wird, „das in einer gewissen schwankenden Entfernung vom Zentrum in manchen Meridianen in ein grelles Hellrot übergeht" (a. a. O., S. 542).

Hiergegen könnte nun wieder geltend gemacht werden, dass das benutzte Gelb der Na-Linie zwar spektralrein, nicht aber „urfarbig", sondern ein mehr oder weniger rötlich getöntes Gelb sei. Ueberhaupt würde sich Hellpach gegen die Vorwürfe der Heringschen Schule verteidigen müssen, dass die von ihm ausgesuchten Farbtöne eben keine Urfarben im Sinne Herings gewesen seien. Seine Behauptung, dass „die Inkongruenz der Grün- und Rot-Isochrome durch die Wahl eines nach Purpur verschobenen Rotes nur noch grösser werden würde" (a. a. O., S. 541), entbehrt, wie die entsprechenden Auslassungen Kirschmanns (s. oben S. 63), einer objektiven experimentellen Bestätigung. Erst die Durchforschung einer möglichst grossen Anzahl von Farbtönen, unter denen die als urfarbig bezeichneten besonders beachtet werden müssten, würden hier zu einigermassen feststehenden Ergebnissen führen.

Noch schärfere Bedenken sind gegen das wissentliche Verfahren vorzubringen, da theoretische Voreingenommenheit sowie mannigfache andere Einflüsse (Gedächtnisfarbe u. dergl.) zu leicht eine einseitige Verfärbung der hier-

durch gewonnenen Ergebnisse herbeiführen können. Auch sind die nach dem wissentlichen Verfahren gewonnenen Resultate nie gegen entsprechende Vorwürfe des Gegners gedeckt, so dass eine — immerhin doch erstrebenswerte — allgemeine Anerkennung solcher Ergebnisse fast niemals erreicht werden kann.

Die Untersuchungen von Peters stützen sich auf ähnliche Versuchsbedingungen wie die Hellpachsche Arbeit und führen auch zu ähnlichen Ergebnissen. Auch er arbeitet mit dem Wundtschen Perimeter, verwandte zur Erzeugung der Spektralfarben die Kirschmannschen Filter und untersuchte bei dunkeladaptiertem Auge. Anstatt der sieben Farben Hellpachs benutzte er jedoch nur vier (Rot, Gelb, Grün, Blau). Dem von ihm verwandten

Rot	entsprach	eine	mittlere	Wellenlänge	von	668 $\mu\mu$
Gelb	„	„	„	„	„	590 $\mu\mu$
Grün	„	„	„	„	„	531 $\mu\mu$
Blau	„	„	„	„	„	468 $\mu\mu$

Eine wichtige Aenderung der Versuchsbedingungen muss hier besonders erwähnt werden: Die schon von Hellpach erstrebte Gleichheit der Intensität aller untersuchten Farbtöne wurde durch Verwendung eines Episkotisters — innerhalb der durch die heterochrome Helligkeitsvergleichung bedingten Fehlergrenzen — für eine zentrale Beobachtung fast erreicht[1]). Diese bei konstanter subjektiver Helligkeit gewonnenen Resultate weisen gegenüber den Resultaten Hellpachs keine grossen Differenzen auf. Zwar konnte das Vorhandensein einer gegenfarbigen Zone nicht bestätigt werden[2]), aber die übrigen Zonen Hellpachs traten auch bei den Versuchen von Peters mehr oder weniger deutlich hervor. Und zwar gehen sämtliche Farbtöne von einer „parazentralen" (um die Makula orientierten) Zone der grössten Sättigung über in eine mittlere Zone von minimaler Sättigung, um in einer dritten peripheren Zone wieder eine etwas grössere Sättigung zu erlangen. Die mittlere Zone würde der farblosen Zone Hellpachs entsprechen, dessen nebenfarbige Zone hier durch die Uebergangstöne, in die die betreffenden Reizfarben beim Uebergang von der parazentralen in die mittlere Zone infolge Abnahme der Sättigung übergehen, repräsentiert werden. Die „Nebenfarben" der vier Reizfarben von Peters seien in untenstehender Tabelle zusammengestellt.

Reizfarben der parazentralen Zone	Uebergangstöne	mittlere Zone	periphere Zone
Rot	Rot-Orange	gelblich	gelblich-rötlich
Gelb	Orange od. gelblich	farblos-gelbweiss	gelblich
Grün	Gelbgrün	„ „	gelbgrüngelb
Blau	Weissblau	farblos	weisslich und gelblich Weiss

[1]) Mit Hilfe der a. a. O., S. 356 angeführten Versuchsmethodik wurden auch die Intensitätsänderungen der einzelnen Farbtöne bei der Wanderung auf der Netzhaut festgestellt. Die an sich sehr interessanten Ergebnisse kommen nicht in Betracht.

[2]) Die äusserste Peripherie scheint nur für gelbe und rote Lichtreize eine Empfindlichkeit zu besitzen. a. a. O., S. 386.

Wie bei H e l l p a c h weisen die Ergebnisse der Peterssehen Arbeit auf grosse individuelle Differenzen hin. Diese waren besonders stark bei Gelb. Für die Mehrzahl der Beobachter konnte die Behauptung H e l l p a c h s, dass das Gelb im peripheren Sehen nicht existiere und meist sofort als Orange empfunden werde, nicht bestätigt werden. Dagegen trat die Verfärbung des peripheren Gelb nach Rot hin bei einem der Beobachter, der deshalb als „peripher rotsichtig" bezeichnet wurde, deutlich in die Erscheinung. Das wichtigste Ergebnis dieser Untersuchungen aber besteht darin, dass auch hier von einer Kongruenz der gegenfarbigen Isochromen nicht die Rede sein kann. Abgesehen von den grossen individuellen Schwankungen und der für die verschiedenen Meridiane nachweisbaren Differenzen scheinen die Empfindungen für Rot und Gelb (s. die Tabelle oben S. 66) sich am weitesten bis zur Peripherie hin zu erstrecken, während die Empfindungsgrenzen für Grün und besonders für Blau dem Zentrum näher liegen, Ergebnisse, die auch nicht die geringste Uebereinstimmung mehr mit den Resultaten von H e s s aufweisen. Von einem charakteristischen Verhalten der sog. Urfarben ist ebenfalls nichts zu bemerken.

Nun sind gegenüber diesen Ergebnissen die gleichen Bedenken[1]) geltend zu machen, wie gegenüber den Resultaten H e l l p a c h s. Die Beschränkung auf vier Farben und auf vier Meridianen ist sogar als ein Rückschritt zu bezeichnen. Besonders aber könnte die Auswahl der vier Reizfarben beanstandet werden. Wenn ein Rot von der Wellenlänge 668 $\mu\mu$ (s. die Tabelle S. 66) als Reizlicht gewählt wird, das nach der Ansicht H e r i n g s schon an sich gelblich gefärbt erscheint, ist natürlich auch nach der Heringschen Theorie gar nichts anderes zu erwarten, als dass es beim peripheren Sehen eine mehr oder weniger orange bzw. gelblich gefärbte Nebenfarbe liefert. Dasselbe würde von dem grünen Reizlicht (Wellänge 531 $\mu\mu$) gelten.

Immerhin, wenn man die Ergebnisse der Peterssehen Untersuchung im Zusammenhang mit den Resultaten K i r s c h m a n n s und Hellpachs betrachtet, kann man sich trotz der Fehlerquellen, mit denen einzelne Versuchsmethoden der erwähnten Arbeiten belastet sind, des Eindrucks nicht erwehren, als ob der Versuch, die Erscheinungen des peripheren Sehens im Sinne der Heringschen Theorie zu deuten, immer aussichtsloser sich gestalte.

Gegenüber den bislang besprochenen Arbeiten stellen die Untersuchungen D r e h e r s, was die Untersuchungsmethodik anbelangt, einen grossen Fortschritt dar. Die Arbeit ist auch deshalb von Interesse, weil in ihr nach längerer Unterbrechung wieder ein Anhänger der Heringschen Schule (die Arbeit entstand auf Anregung G. E. M ü l l e r s im Göttinger Institut) zu Wort kommt. Die Aufgabe dieser Untersuchung wird darin erblickt, „die allgemeine Frage in Angriff zu nehmen, ob es unveränderliche Farbtöne im Spektrum gibt" (a. a. O., S. 3). Schon durch diese Problemstellung unterscheidet sich die Arbeit D r e h e r s von den Untersuchungen der Wundtschüler, die diese Frage entweder gar nicht oder ganz nebenher behandelten, da für sie eine Beantwortung im negativen Sinne von vornherein festzustehen schien.

Eine Fehlerquelle, auf deren Konto die starke Divergenz der Ergebnisse der früheren Arbeiten zu einem grossen Teil zu setzen ist, bestand darin, dass die Beobachter auf die Benutzung der meist ungenauen sprachlichen Bezeichnungen angewiesen waren. „Auf die Willkür, die in der sprachlichen Differenzialdiagnose dieser Farben besteht" und die der — unbewusst arbeitenden — verfälschenden Wirkung der jeweiligen theoretischen Einstellung — besonders bei wissentlichen

[1]) Ob auch bei P e t e r s das wissentliche oder unwissentliche Verfahren angewandt wurde, ist aus der Abhandlung nicht ersichtlich.

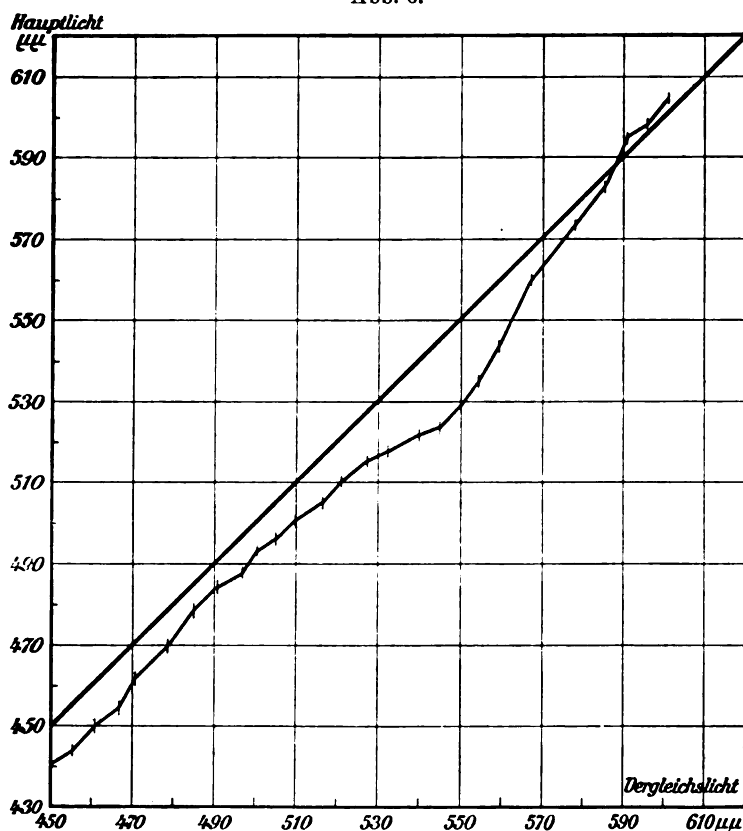
Verfahren — freien Spielraum liess, hat schon Hellpach (a. a. O., S. 535) hingewiesen. Auch die Beeinflussung durch die sog. Gedächtnisfarben darf bei diesen Methoden nicht unberücksichtigt bleiben. Dreher, der die direkte Methode von Hess nachzuprüfen versuchte, führt ein drastisches Beispiel an, indem er ein und dasselbe Reizlicht (ein Gelbgrün von 522 $\mu\mu$) einmal genau zentral und nach einem kurzen Zeitintervall von $^1/_5$ Sekunde peripher (an einer 14 $\mu\mu$ davon entfernten) Stelle einwirken liess. Beide Lichter wurden auch bei öfterer Wiederholung des Versuchs dauernd als völlig gleich beurteilt, trotzdem — wie die nach anderer Methode vorgenommenen Versuche ergaben — der Empfindungsunterunterschied zwischen beiden Farbtönen so gross ist, dass das periphere Reizlicht dem Farbton nach einem um mehr als 20 $\mu\mu$ von 522 $\mu\mu$ verschiedenen farbigen Licht entsprach (vgl. Dreher, S. 24 und 25).

Dreher benutzte daher eine Vergleichsmethode, die er als „indirekte" Methode bezeichnete. Er verwendete zu diesem Zwecke einen von ihm etwas modifizierten Asherschen Farbenmischapparat, der es gestattete, mit Hilfe einer Spiegelvorrichtung zwei unterschiedliche, völlig spektralreine und fast homogene (die maximale „Ungenauigkeit" betrug nur 1,7 $\mu\mu$) Lichtstrahlen von verschiedenen Seiten her ins Auge fallen zu lassen. Das eine peripher dargebotene „Hauptlicht" konnte unabhängig von einem zentral dargebotenen „Vergleichslicht" verändert und mit diesem letzteren verglichen werden. Dreher „ermittelte nun für jedes zentral eingestellte Vergleichslicht, welches Licht auf den verschiednen peripheren Zonen den Eindruck der Gleichfarbigkeit erweckt" (a. a. O., S. 26). Ein Beispiel mag diese Methode veranschaulichen: Angenommen, als zentrales Vergleichslicht sei ein Grün etwa von der Wellenlänge 520 $\mu\mu$ gewählt. Wird diese gleiche Lichtart als „Hauptlicht" in einem gewissen Winkelabstand vom Zentrum dem Auge peripher dargeboten, so wird sich der Farbton dieses Hauptlichtes im Vergleich zum „Vergleichslicht" mehr oder weniger nach Gelb verschoben haben; es wird etwa wie ein Licht von der Wellenlänge 540 $\mu\mu$ aussehen. Wenn nun eine Gleichung zwischen dem zentral dargebotenen Vergleichslicht herzustellen ist, wird die Wellenlänge des (veränderlichen) Hauptlichts nach dem violetten Ende des Spektrums — ungefähr bis 508 $\mu\mu$ — hin verschoben werden müssen. Mit dieser Feststellung, dass ein Hauptlicht von der Wellenlänge 508 $\mu\mu$ einem Vergleichslicht von der Wellenlänge 520 $\mu\mu$ gleich erscheint, ist der Versuch abgeschlossen. Mit Hilfe dieser Methode wurde nun der ganze Spektralbezirk in Abständen von je 5,5 $\mu\mu$ — unter eingehenderer Berücksichtigung der um die Stellen der zu erwartenden invariablen Farben gelegenen Partien — systematisch nach dem „auf- und absteigenden Verfahren" (s. a. a. O., S. 27) untersucht. Da diese Methode überdies ein streng unwissentliches Verfahren gestattete und dadurch eine völlige Unbefangenheit des Urteils ermöglichte, ist der oben (S. 64) erhobenen Forderung nach möglichst einwandfreien Versuchsbedingungen in einem ziemlich weiten Umfange Genüge geleistet. Allerdings verzichtete Dreher auf Gleichheit der Intensität und Sättigung (Bedingungen, die durch die verwandte Versuchsapparatur sich nur schwer erfüllen lassen) und ebenso auf eine vorausgehende Dunkeladaptation. Stichproben, die er dieserhalb anstellt, scheinen auf eine relative Unabhängigkeit der Versuchsergebnisse von dem jeweiligen Adaptationszustande des Auges hinzuweisen.

Die Versuchsresultate Drehers lassen sich am besten vermittelst des anschaulichen Schemas, in das die einzelnen Ergebnisse eingetragen wurden, darlegen. In der untenstehenden Abb. 6. (s. Dreher, a. a. O., S. 53, Abb. 6) sind als Abszissen die Wellenlängen des Vergleichslichts eingetragen, als Ordinaten die des peripheren Hauptlichts. Wenn etwa, um bei dem oben angeführten Beispiel zu

bleiben, als Vergleichslicht ein Grün von der Wellenlänge 520 $\mu\mu$ gewählt wurde, so musste ein peripheres Hauptlicht von der Wellenlänge 508 $\mu\mu$ dargeboten werden, damit eine subjektive Gleichheit zwischen Vergleichs- und Hauptlicht zustande kam. Der Schnittpunkt der Abszisse $x = 520\,\mu\mu$ mit der Ordinate $y = 508\,\mu\mu$ stellt also einen Punkt „gleichen Farbtones" dar. Wenn man für eine Anzahl von Wellenlängen des Vergleichslichtes diejenigen Wellenlängen des Hauptlichtes ermittelt, die den ersteren jeweils subjektiv gleich erscheinen,

Abb. 6.



erhält man „eine Kurve der Punkte gleichen Farbtones", die von Dreher als G-Kurve bezeichnet wurde. Die sog. invariablen Farbtöne, deren Ermittlung die Untersuchungen Drehers dienen sollen, sind nun bekanntlich dadurch gekennzeichnet, dass sie beim Wandern auf der Netzhaut ihren eigentlichen, d. h. zentral festgestellten Farbton unverändert behalten. Für die ihnen entsprechenden „invariablen Punkte" der G-Kurve müsste also die Ordinate gleich der Abszisse sein, d. h. die variablen Punkte müssten auf einer um 45° geneigten Graden (dem geometrischen Ort für alle Punkte mit gleicher Abszisse und Ordinate) zu liegen kommen. Man braucht also nur die Schnittpunkte der G-Kurve mit der unter 45° geneigten Graden zu ermitteln, um die Wellenlänge der unveränderlichen Farbtöne festzustellen!

Die Ergebnisse Drehers sind nun an der Hand der Abb. 6 einfach abzulesen. Die auffälligste Tatsache ist wohl die, dass in dem ganzen Spektralbezirk von 430 $\mu\mu$ an bis zu 620 $\mu\mu$ nur ein einziger invariabler Punkt, der etwa zwischen 580—590 $\mu\mu$ liegt, existiert. Dieses Licht, das einzige, das also zentral wie peripher in dem gleichen Farbton erscheint, ist als ein bei normaler Betrachtung deutlich rötlich erscheinendes Gelb zu bezeichnen. Die bei zentraler Betrachtung subjektiv als urfarbig festgestellten Lichter, sowohl das Urgelb wie das Urgrün, verändern dagegen, wie aus der graphischen Darstellung leicht hervorgeht, beim peripheren Sehen ihren Farbton und erscheinen alle „in einem längerwelligen Licht als zentral, das zentrale Urgelb sieht also peripher rötlich, das zentrale Urgrün gelblich, das Urblau grünlich aus.

Dieses Resultat, dass alle drei zentralen Urfarben peripher im Tone längerwelligen Lichts erscheinen, wird von Dreher selbst als „befremdend" bezeichnet (a. a. O., S. 57). Er zieht daher eine Reihe von Hilfshypothesen heran, die aber nun ihrerseits wieder zueinander im Widerspruch stehen. So verweist er beispielsweise auf die schon mehrfach diskutierte Annahme, dass das helladaptierte Auge infolge Einwirkung des verfärbten Tageslichts für gewisse Farbtöne ermüdet sei, muss aber gleichzeitig zugeben (a. a. O., S. 58), dass „das in Rede stehende" — als befremdend bezeichnete — „Verhalten sich auch bei Dunkeladaptation zeigt"! Ueberhaupt ist hierzu zu bemerken, dass diese Ergebnisse nur für den „befremdend" sind, der wie Dreher fest auf dem Boden der Hering-Müllerschen Anschauungsweise steht. Wie stark diese theoretische Befangenheit Drehers ist, geht daraus hervor, dass er mit der von Hess zuerst behaupteten Dreiteilung der Retina in eine farbentüchtige, rotgrünblinde und farblose Zone als mit völlig feststehenden, kaum noch diskutierbaren Tatsachen rechnet, trotzdem er die direkte Methode von Hess, auf die sich diese Annahme doch allein stützt, an anderer Stelle als unbrauchbar bezeichnen muss (a. a. O., S. 54; vgl. auch oben S. 68).

Dagegen weisen nun seine Ergebnisse eine gute Uebereinstimmung mit den Untersuchungsresultaten der oben besprochenen Arbeiten der Wundtschüler, besonders mit denen Hellpachs, auf, eine Uebereinstimmung, die Dreher entgehen musste, weil er diese Untersuchungen — auch das ist bezeichnend für seine theoretische Einstellung — in seiner ganzen Arbeit mit keinem Wort erwähnt, also augenscheinlich gar nicht kennt! Wie bei Hellpach, erscheint bei Dreher das zentrale, spektrale Rot peripher gelblich, das reine Urgelb rötlich[1]) und das reine Grün gelblich. Nur bei Blau bestehen Differenzen zwischen Hellpach und Dreher, insofern als Hellpach keine Nebenfarben von Blau auffinden konnte, während Dreher eine freilich geringfügige Aenderung aller blauen Farbtöne in Richtung auf Grün hin feststellen musste. Dieser abweichende Dreherschen Befund würde aber eher noch der Wundtschen Auffassungsweise entsprechen als die Beobachtung Hellpachs.

Zusammenfassend wäre also festzustellen, dass Dreher, trotzdem seine ganze Problemstellung auf eine Bestätigung Heringscher Postulate zugeschnitten war, zu Ergebnissen gelangt, die der ursprünglichen Auffassung der Heringschen Schule durchaus widersprechen und eine auffällige Uebereinstimmung mit den nach anderen Versuchsmethoden gewonnenen Resultaten der drei Wundtschen Arbeiten aufweisen. Wünschenswert wäre nur, wenn die Untersuchungen Drehers nach der von ihm sorgfältig herausgearbeiteten Methode wie bei Hellpach auf eine grössere Anzahl von Meridianen ausgedehnt werden könnten, wenn möglich

[1]) Siehe die Feststellung Hellpachs, dass reines Gelb peripher immer Orange gesehen wird, vgl. auch dazu oben S. 65.

— falls die angewandte Apparatur entsprechende Modifikationen gestattet — unter Verwendung von Lichtern gleicher Helligkeit und Sättigung.

Hieran anschliessend wären noch einige Untersuchungen amerikanischer Forscher zu behandeln, deren Ergebnisse allerdings zum Teil stark divergieren. Ganz allgemein darf gesagt werden, dass die Versuchsmethodik dieser Arbeiten[1]) in vieler Beziehung als rückständig bezeichnet werden muss. Zunächst mögen hier zwei Arbeiten amerikanischer Forscher erwähnt werden, über deren Ergebnisse nicht berichtet werden kann, da die betreffenden Abhandlungen nicht zu beschaffen waren. Baird[2]) scheint besonders Wert auf ausgeglichene Helligkeit gelegt zu haben und gelangt zu Ergebnissen, die die Resultate von Hess im allgemeinen bestätigen sollen (vgl. Kirschmann, A. f. Ps., Bd. 6, S. 420, Anm., ferner I. W. Baird, „Erwiderung", A. f. Ps., Bd. 7, S. 302 und Kirschmanns „Bemerkungen zu vorstehender Erwiderung", A. f. Ps., Bd. 7, S. 306). Bei Dreher (a. a. O., S. 23) findet sich ferner eine Arbeit von Fernald[3]) erwähnt, der nach einer ähnlichen Methode wie Hess die invariablen Farbtöne zu bestimmen suchte. Auch L. M. Day[4]) arbeitete nach einer älteren unvollkommenen Methode. Als Reizfarben wurden zehn farbige Pigmente (Hering colours) verwendet, die entweder auf grauem oder schwarzem Hintergrund angebracht wurden. Die Farbe, in der der Reiz bei peripherem Sehen erschien, wurde durch Einordnen in den Heringschen Farbenkreis bestimmt. Day kommt zu dem Ergebnis, dass die sog. Urfarben nur auf grauem Hintergrund konstant bleiben und ihren Farbton nicht ändern (a. a. O., S. 575) und dass — bei schwarzem Hintergrund — die peripheren Eindrücke von Rot, Orange, Gelb und Grün sich nach Gelb zu, die von Blaugrün, Blau, Violett und Purpur nach Blau zu verändern (S. 577). Diese Resultate seien in voller Uebereinstimmung mit den Forderungen der Heringschen Theorie (S. 578). Da Day die neueren deutschen Arbeiten nicht kennt, weder mit Spektralfarben, noch mit gleichgemachter Intensität und Sättigung arbeitet, erübrigt sich eine Kritik dieser Ergebnisse. Wertvoller scheint die Arbeit von Ferree und Rand zu sein, die die vorläufigen Ergebnisse ihrer mehrjährigen Untersuchungen in Form einer Vorankündigung („Ueber die Bestimmung der Sensibilität der Retina für farbiges Licht in radiometrischen Einheiten", Z. Ps., Bd. 46) veröffentlichen. Das Arbeitsprogramm, das in dieser Vorankündigung entwickelt wird, ist recht vielversprechend (a. a. O., S. 226). Von besonderer Wichtigkeit ist, dass nur mit Farben von ausgeglichener Helligkeit gearbeitet werden soll. Die Ergebnisse[5]) können wie folgt zusammengefasst werden: „Es existieren keine Urfarben (vgl. S. 228, a. a. O.). Es kann kein Rot und Grün gefunden werden, welche in jedem Meridian der peripheren Retina in Grau übergehen, ohne einen Uebergangswechsel in Gelb oder Blau" (s. a. a. O., S. 228, Anm. 1). „Es gibt kein Rot, Grün oder Gelb, das nicht die Farben wechselt, wenn es innerhalb desselben Meridians vom Zentrum an die Peripherie der Retina übergeht" (s. a. a. O., S. 228, Anm. 3).

---

[1]) Soweit aus den Arbeiten selbst bzw. deren Besprechungen in der Literatur ersichtlich ist. Nur einige neuere Arbeiten (s. unten) scheinen brauchbare Resultate zu bringen.

[2]) The Colour Sensivity of the Peripheral Retina", Publications of the Carnegie Institution of Washington, Nr. 29.

[3]) Psych. Revue, Monogr. Nr. 42, 1909, S. 60 ff.

[4]) The effect of illumination on peripheral vision, The American Journal of Psychology, Vol. 23, 1912, S. 533.

[5]) Ueber den Fortgang der in Amerika durchgeführten Arbeiten konnte bislang leider nichts in Erfahrung gebracht werden.

Der allgemeine Eindruck, den man bei einem Ueberblick über alle bisher diskutierten Ergebnisse gewinnt, ist der, dass bei zunehmender Verfeinerung und Komplikation der Versuchsmethodik auch die Phänomene des peripheren Sehens einen immer höheren Grad von Komplikation aufweisen und sich immer mehr von dem regelmässigen Schema entfernen, in das einst Hess sämtliche peripheren Erscheinungen einordnen zu können glaubte. Weder die Kongruenz der Isochromen, noch die Invariabilität der Urfarben kann heute mit Sicherheit aufrecht erhalten werden, wenn auch die letzte Entscheidung — falls eine solche überhaupt zu treffen ist — noch aussteht. Nun darf man freilich, wie dies von der Wundtschen Schule vielfach geschehen ist, die hier gekennzeichnete Sachlage nicht so auffassen, als ob mit dem Nachweis der Inkongruenz der Isochromen und der Variabilität der Urfarben die Heringsche Theorie selbst widerlegt würde. Die dreizonige Einteilung stellt zwar ein wichtiges, aber immerhin sekundäres Gebiet innerhalb der Vierfarbentheorie dar[1]). Wohl aber würde diese damit einer ihrer wichtigsten Beweismittel, auf das sich die Anhänger Herings mit Vorliebe zu berufen pflegten, beraubt werden. Erst im Zusammenhang mit den andern Bedenken, die am Schlusse der vorigen Kapitel gegen die Heringsche Theorie vorgebracht werden mussten, gewinnen die obigen Feststellungen die Bedeutung eines wesentlichen Argumentes.

Die bei Steigerung oder Verminderung der Lichtintensität eintretenden qualitativen Aenderungen der Farben.

Dass einer genügend starken Intensitätsänderung (also einer quantitativen Aenderung der physikalischen Reize!) farbiger Lichter eine Qualitätsänderung der entsprechenden Empfindungen parallel geht, ist eine Tatsache der alltäglichen Erfahrung. Bei einem mittleren, etwa den Schwankungen des Tageslichtes entsprechenden Intensitätsbereich besitzen alle Farbtöne des Spektrums ihren höchsten Sättigungsgrad. Bei sehr hoher wie bei sehr niederer Intensität verlieren alle farbigen Lichter an Farbigkeit, sie werden heller bzw. weisser oder dunkler bzw. grauer. Daneben tritt bei einer Intensitätsveränderung noch eine Verschiebung des Helligkeitsmaximums auf, insofern als die hellste Stelle im Spektrum, die bei einer mittleren Intensität im Gelb liegt, bei Intensitätsabnahme sich nach Grün zu verschiebt. Dieses sog. Purkinjesche Phänomen wird bekanntlich von I. v. Kries in Zusammenhang gebracht mit der Annahme, dass die Netzhaut zwei verschiedene Endapparate unseres Sinnesnerven aufweist: 1. die Stäbchen, denen das farblose Dämmerungs-

---

[1]) Vgl. dazu auch die Heßsche Besprechung der Kirschmannschen Arbeit in Z. Ps., Bd. 7, S. 216.

sehen mit einem Helligkeitsmaximum im Gelbgrün zuzuschreiben ist, und 2. die Zapfen, die als Träger des „Tagessehens" aufzufassen sind (Duplizitätstheorie). Da die Duplizitätstheorie die eigentlichen Farbentheorien in ihren Grundzügen unberührt lässt, interessiert ihre spezielle Ausgestaltung und Begründung an dieser Stelle nicht (man beachte aber die Schwierigkeiten, in die sich die Young-Helmholtzsche ebenso wie gewisse Bestandteile der Heringschen Theorie gegenüber dem erweiterten Purkinjeschen Phänomen, das darin besteht, dass Farbengleichungen, die im Tageslicht aufgestellt sind, bei Dämmerungssehen ihre Gültigkeit verlieren, verstricken, und vergleiche dazu besonders Kries, a. a. O., S. 176).

Von grösserer Wichtigkeit ist die Tatsache, dass — innerhalb des Tagessehens — mit der Intensitätsänderung auch eine Farbtonänderung Hand in Hand geht. Die Art dieser qualitativen Veränderung wird durch Hering so charakterisiert (Hering, „Zur Erklärung der Farbenblindheit", Lotos, neue Folge Bd. I, S. 82):

„Je grösser die Lichtintensität wird, desto mehr tritt im Spektrum die grüne und rote Empfindung hinter der gelben und blauen zurück, und das Grün zieht sich gleichsam mehr und mehr nach der Stelle des Urgrün zusammen. Bringt man im Okular des Spektroskop eine Blendung mit sehr schmalem Spalt an und lässt die einzelnen Teile des Grün darin erscheinen, so bemerkt man leicht, dass alles Grün zwischen den Linien E und b, welches Helmholtz als reines Grün bezeichnet, noch ins Gelbe sticht und mit steigender Lichtintensität immer gelber wird. Die Strahlen aber, welche genau dem Urgrün entsprechen und also grüne Valenz haben, dürften selbst bei stärkster Intensität weder blaue noch gelbe Empfindung erwecken und könnten höchstens weiss erscheinen, wenn ihre Intensität so gross wird, dass die starke von ihnen erregte weisse Empfindung die grüne Empfindung ganz übertönt. Man muss also einzelne schmale Streifen des Grün auf ihre Farbenänderung bei steigender Lichtintensität untersuchen. Derjenige Streifen, welcher dabei weder deutlich gelblich noch bläulich wird, enthält die Linie des Urgrün. Ich habe auf diese Weise gefunden, dass die fragliche Stelle für mich noch über die Linie c hinausliegt, in einem Teile des Spektrums also, welchen Helmholtz schon als Blaugrün bezeichnet. Die Stelle des Urgelb und Urblau sucht man besser in einem lichtschwachen Spektrum, weil in einem solchen die gelbe und blaue Empfindung gegenüber der roten und grünen mehr zurücktritt und letztere beide Farben das Gelb und das Blau gleichsam auf einen engeren Raum zusammendrängen."

Nach Hering müssten also bei Aenderung der Lichtintensität (wie beim peripheren Sehen) vier invariable Farbtöne auftreten, die ihren Farbton bei zunehmender bzw. abnehmender Intensität im Gegensatz zu den „Zwischentönen" nicht ändern und die mit den psychologischen Urfarben identisch sein sollen. Also auch hier wäre ein deutliches Herausfallen der vier Urfarben und zwar infolge ihres physiologischen Verhaltens festzustellen.

Nun ist hier zunächst wiederum darauf hinzuweisen, wie sehr in der Heringschen Darstellung tatsächlich Beobachtetes mit hypothetischen Postulaten vermengt wird (man beachte auch hier das unterstrichene „dürfte"!).

Dass bei sehr hoher Intensität die gelben und blauen Farbtöne des Spektrums sich nach beiden Seiten ausdehnen, dürfte den Beobachtungstatsachen entsprechen (vgl. dazu Wundt, a. a. O., S. 166). Die Beobachtungen Herings an einem lichtschwachen Spektrum bedürfen dagegen einer Korrektur. Nicht zwei (Rot und Grün), sondern drei Farben bleiben bei der Intensitätsverminderung übrig, nämlich Rot, Grün und Blauviolett[1])!

Die Helmholtzsche Theorie ist mit diesen Tatsachen schwer in Einklang zu bringen[2]). Für die Heringsche Theorie wäre von entscheidender Bedeutung, ob sich die Existenz der vier invariablen Farbtöne sowie deren Identität mit den Urfarben Herings gegenüber exakteren Versuchsmethoden aufrecht erhalten lässt. Hering hat, wie oben ausgeführt, lediglich den Ort des invariablen Grün festgestellt[3]). Nach Révész sollen bei starker Intensitätserhöhung drei invariable Lichter im Spektrum zu beobachten sein, deren spektraler Ort ungefähr bei 582 $\mu\mu$, 500 $\mu\mu$ und 480 $\mu\mu$ liegen soll. Da über die Versuchsmethodik keinerlei weitere Angaben gemacht werden, ist mit diesen Zahlen nicht viel anzufangen.

Von grösserer Wichtigkeit sind die Ergebnisse Drehers, der den „Intensitätsversuchen" in der oben schon besprochenen Arbeit mehrere Kapitel widmet (a. a. O., S. 60 ff.). Für die „Intensitätsversuche" wurde dieselbe Versuchsanordnung, wie sie oben (s. S. 68) kurz angedeutet wurde, verwendet. Es wurden zwei benachbarte Felder, die durch einen dunklen Streifen voneinander getrennt waren und die eine bestimmte Helligkeitsdifferenz aufwiesen, miteinander verglichen. Die Wellenlänge des einen Lichtes wurde während eines Versuches so lange variiert, bis der Farbton beider Felder als gleich beurteilt wurde. Die Ergebnisse wurden in der oben skizzierten Weise wiederum graphisch dargestellt. Als Abszissen wurden die Wellenlängen der intensitätsstärkeren, als Ordinaten diejenigen der intensitätsärmeren Lichter verwandt. Wenn nun etwa ein Licht (der grösseren Intensität) von der Wellenlänge 563 $\mu\mu$ dem Farbton nach gleich aussah wie ein intensitätsärmeres Licht von der Wellenlänge 561 $\mu\mu$, so wurde durch die Abszisse $x = 563\ \mu\mu$ und die Ordinate $y = 561\ \mu\mu$ ein Punkt „gleichen Farbtones" bestimmt. Eine Reihe solcher Schnittpunkte miteinander verbunden, ergab dann wieder eine „Kurve gleichen Farbtones". Die Schnittpunkte dieser Kurve mit einer um 45° geneigten Graden mussten also die Lage der bei Intensitätssteigerung invariablen Farbtöne angeben (vgl. auch oben S. 69).

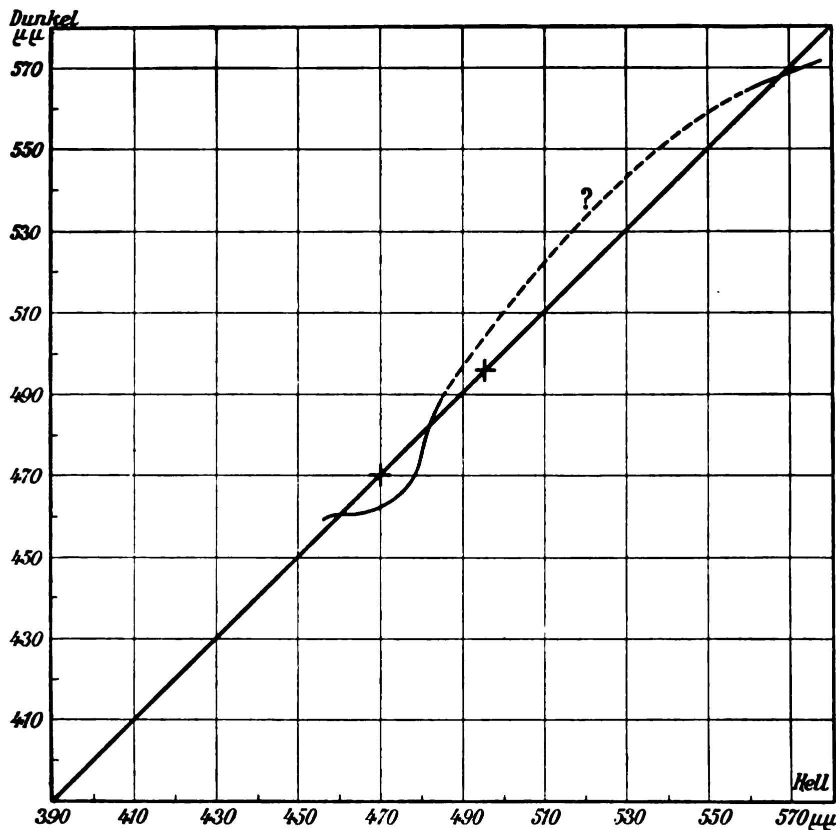
[1]) Vgl. dazu auch Bezold, „Ueber das Gesetz der Farbenmischung und die physiol. Grundfarben", Pogg. Ann., Bd. 150, S. 137 und 138, wo diese Verhältnisse eine eingehende Darstellung finden, ferner Ebbinghaus, a. a. O., S. 155, sowie Titchener, Psych. S. 62.

[2]) Vgl. dazu besonders Ebbinghaus, a. a. O., S. 149 und 154 ff., wo besonders gegen Fick, Hermanns Handb. d. Physiologie III. s. S. 200, polemisiert wird, der die Helmholtzsche Deutung durch eine neue Hilfshypothese zu stützen suchte.

[3]) „Ueber die Abhängigkeit der Farbschwelle von der achromatischen Erregung", Z. Ps. II. Bd. 41, S. 34.

Die Abbildung 7 gibt eine graphische Darstellung der gewonnenen Ergebnisse[1]). Die ausgezogene Linie stellt die Kurve „gleichen Farbtones" dar, so wie sie sich aus den Beobachtungsbefunden ergibt, die punktierten Kreuze deuten an, wo die invariablen Punkte nach den Voraussetzungen Herings (s. oben S. 73, vgl. auch Dreher, a. a. O., S. 68) eigentlich liegen müssten.

Abb. 7.



Nach Hering wäre — etwa entsprechend den Befunden von Révécz (s. oben S. 74) — bei $\lambda = 580\ \mu\mu$, der Stelle des Urgelb, bei $500\ \mu\mu$ bis $490\ \mu\mu$, der Stelle des Urgrüns und bei $470\ \mu\mu$ bis $480\ \mu\mu$, der Stelle des Urblau, ein invariabler Punkt zu erwarten. Wie aus dem Verlauf der Kurve gleichen Farbtones hervorgeht, weisen die Ergebnisse Drehers mit den Heringschen Postulaten kaum irgend eine Uebereinstimmung auf: „es zeigt sich, dass dasjenige Licht, welches bei stärkerer Intensität als reines Gelb bezeichnet wird" — welches also nach Hering als invariabel betrachtet werden müsste —,

[1]) Die Abb. 7 ist aus der Abb. 7, 8 und 9 der Arbeit Drehers zusammengestellt und stark schematisiert, insofern, als nur die Ergebnisse zweier Beobachter D und C berücksichtigt und zu einem ungefähren Mittelwert vereinigt wurden.

„bei geringerer Helligkeit rötlicher erscheint als dieses.... Ein invariabler Punkt liegt erst bei 568 $\mu\mu$, also einem deutlich grünlichen Gelb. Auch beim Urgrün stellt sich heraus, dass ein Licht, welches im hellen Feld subjektiv rein grün erscheint, im dunklen Feld erheblich blauer genannt wird als dieses". Erst bei 483 $\mu\mu$, einem ausgesprochenen Grünblau, liegt ein zweiter invariabler Punkt. Ebenso erscheint das im hellen Feld als subjektiv reines blau bezeichnetes Licht im dunklen Feld grünlicher als dieses. Erst bei 461 $\mu\mu$ liegt ein dritter invariabler Punkt.

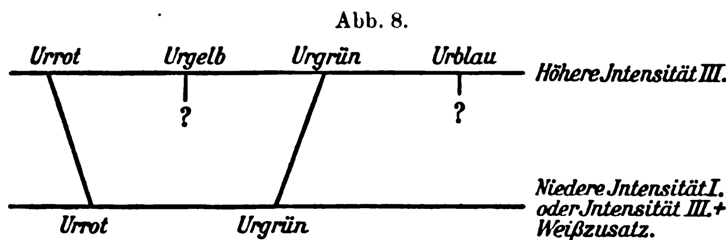
Dreher gesteht ein, dass „diese Resultate in allen drei Punkten, an denen der Farbton bei gleich eingestellter Wellenlänge im hellen und dunklen Feld als gleich beurteilt wurde, von dem nach der herkömmlichen Meinung" — d. h. der Heringschen Theorie! — „zu erwartenden" abweichen (a. a. O., S. 68). Dreher führt zur Erklärung dieser Abweichungen wieder eine Reihe von Hilfshypothesen ins Feld, wie z. B. die bereits oben erwähnte Angabe von G. E. Müller, dass die retinalen Prozesse von denen der Sehnerven hinsichtlich ihrer psychischen Wirkungen zu trennen seien, ferner die Vermutung von Kries, dass der Stäbchenapparat, der nach Dreher bei der Betrachtung des dunklen Feldes schon mit im Spiel sein könnte, nicht eine rein farblose, sondern eine etwas bläulich gefärbte Empfindung vermittelt. Kontrollversuche, die er dieserhalb anstellte (s. a. a. O., S. 73 und besonders S. 75 oben), bestätigen aber seine Erwartungen nicht. Dreher schliesst daher sein Kapitel mit der resignierten Bemerkung, dass es sich empfehle, „von einer theoretischen Diskussion dieser Werte ganz abzusehen" (a. a. O., S. 75).

Auch Westphal („Unmittelbare Bestimmung der Urfarben", Z. Ps. II, Bd. 44, S. 182 ff.) versuchte den Einfluss der Intensitätsänderung auf den Farbton der von ihm bestimmten Urfarben festzustellen. Er benutzte denselben Spektralfarbenmischapparat von Asher, der später bei Dreher Verwendung fand (s. oben S. 68). Es wurden für diese Versuche drei verschiedene Lichtintensitäten gewählt, die sich wie 1 : 10 : 20 verhielten (a. a. O., S. 191). Ausserdem wurde bei den beiden letzten Intensitäten noch mit Weisszusatz gearbeitet, der dadurch bewirkt wurde, „dass Licht, welches von einem mit Magnesiumoxyd belegten, von Tageslicht beleuchteten Papier ausging", mittelst einer besonderen Vorrichtung dem Beobachtungsfeld „zugespiegelt wurde" (a. a. O., S. 191). Die Wellenlänge des durch das Beobachtungsfeld fallenden Lichtes konnte nun nach Belieben vom Beobachter variiert werden. Zur Anwendung gelangte dabei die Grenzmethode. Falls etwa das Urgelb, das keine Spur von „Röte" oder „Grüne" mehr aufwies, bestimmt werden sollte, hatte der Beobachter von den rötlich gelben Tönen ausgehend die Wellenlänge so lange zu verändern, bis er — über die Stelle des reinen Urgelb hinausschreitend — zum erstenmal die neue Komponente, etwas grünliches im Gelb bemerkte. Dann wurde umgekehrt — vom grünlichen Gelb ausgehend — die Stelle bestimmt, wo zum erstenmal die rötliche Komponente

erkannt wurde. Von dem aus dem auf- und absteigenden Verfahren sich ergebenden „Grenzunterschied" wurde dann das Mittel genommen.

Die Versuchsresultate Westphals weisen nun deutlich darauf hin, dass die Behauptung Herings, die Lichtstärke sei ohne Einfluss auf die Lage der Urfarben, in dieser Form nicht zu Recht besteht. Bei der Bestimmung des Urrotes ist zunächst festzustellen, „dass die Hälfte der Beobachter im Gegensatz zu Hering steht", insofern sie das spektrale Rot, das nach Hering gelblich gefärbt sein soll, für urfarbig, d. h. weder für bläulich noch gelblich hielten (a. a. O., S. 200). Andere benötigten allerdings eines geringen Violettzusatzes. Bedeutsamer ist eine zweite Tatsache: Bei Herabsetzung der Lichtstärke und ebenso bei Weisszusatz verschiebt sich die Stelle des Urrot nach rechts nach dem kurzwelligen Spektralende zu. Die Verschiebung zwischen den bei Intensität I (der geringsten) und der Intensität III (der stärksten) festgestellten spektralen Stellen der Urfarben ist ziemlich bedeutend und beträgt 10 $\mu\mu$ und mehr (vgl. a. a. O., S. 199 und 205).

Abb. 8.



Auch beim Urgrün tritt eine deutliche Verschiebung auf. Bei Herabsetzung der Lichtstärke wie bei Weisszusatz wandert die Stelle des Urgrün deutlich nach links in Richtung auf das Gelb zu. Beim Urgelb und Urblau konnte dagegen keine derartige Verschiebung festgestellt werden.

Ganz grob schematisch lässt sich die Richtung der Verschiebung an der Abbildung 8 zur Darstellung bringen[1]). Wie daraus ersichtlich ist, verschieben sich die Stellen des Urrot und des Urgrün bei Herabsetzung der Lichtstärke wie bei objektivem Weisszusatz nach Gelb zu, oder, was dasselbe besagen würde, der spektrale, in einer Wellenlängendifferenz ausdrückbare Abstand vom Urrot und Urgrün verkleinert sich!

Befremdend an diesen Ergebnissen dürfte — ganz abgesehen von den theoretischen Schwierigkeiten, die sich hieraus für die Heringsche Theorie ergeben — die Tatsache sein, dass objektiver Weisszusatz und Herabsetzung der Lichtstärke die gleiche Wirkung ausüben soll. Da einer zunehmenden Intensitätssteigerung eine Verweisslichung aller Farbtöne parallel geht (s. S. 72), ist man a priori sicherlich geneigt, zunächst eine umgekehrte Verhaltungsweise anzunehmen. Allein schon G. E. Müller hat in einer Zu-

[1]) Die senkrechten Linien geben immer Orte gleicher Wellenlänge an.

schrift an Révész (vgl. dazu Révész, „Ueber die von Weiss ausgehende Schwächung der Wirksamkeit farbiger Lichtreize“, Z. Ps. II, Bd. 41, S. 117) betont, dass „der objektive Weisszusatz auf den Farbton der kurzwelligen Lichter in der gleichen Richtung wie eine äussere Abschwächung derselben“ wirkt. Ob die weitere Ausführung dieses Gedankens eine annehmbare Erklärung abgibt, mag hier dahingestellt bleiben (s. weiter unten S. 86).

Unerklärlich bleibt auf alle Fälle die Tatsache, dass die als invariabel gedachten Urfarben ihren Ort ebenfalls verändern.

Westphal greift wie Dreher (s. oben Seite 76) wieder auf die Annahme von Kries zurück, „dass die Stäbchenempfindung im Vergleich zu dem, was für gewöhnlich farblos genannt wird, etwas bläulich ist“, muss aber zugeben, dass „diese Auffassung zur Erklärung der Resultate nicht ausreicht“ (a. a. O., S. 208).

Hinzuweisen ist noch darauf, dass die Verschiebung des Urgrüns nach Gelb mit dem Ergebnis Drehers übereinstimmt, der ebenfalls feststellen konnte, „dass ein Licht, welches im hellen Feld subjektiv wie Grün erscheint, im dunklen Feld erheblich blauer genannt wird“ (s. oben S. 76). Dagegen besteht zwischen den Resultaten Drehers und denen Westphals insofern keine Uebereinstimmung, als Westphal weder für Gelb noch für Blau eine deutliche Verschiebung feststellen konnte. Dieses ist um so merkwürdiger, als besonders für Blau schon eine Reihe älterer Beobachtungen vorliegt, die — allerdings im Gegensatz zu Dreher — bei Herabsetzung der Lichtstärke bzw. bei Weisszusatz eine deutliche Verschiebung des Urblau nach dem violetten Ende festgestellt haben. Bereits Aubert (Phys. Opt., S. 528) hebt hervor, dass „volles Blau und Weiss gemischt eine ganz andere Empfindung als die des Hellblauen, ... nämlich die Empfindung eines weisslichen Violett ergeben! Kuhnt („Ueber farbige Lichtinduktion“, A. f. O., Bd. 27, III. Abt., S. 5—10) führt gleichfalls an, dass bei einer Mischung von reinem Blau mit Weiss oder Schwarz am Farbenkreisel ein sattes, rötliches Blau resultiere. Dasselbe stellt Brentano („Untersuchung zur Sinnespsychologie“ 1907, S. 135) fest. Die Behauptungen Kuhnts können mit Hilfe eines Farbenkreisels leicht und überzeugend bestätigt werden. Mischt man auf dem Farbenkreisel das Heringsche Blau Nr. 12 (ein mattes reines Blau) mit Weiss, so sieht man die Verfärbung ins Violette schon ziemlich deutlich. Ganz auffällig aber tritt der rötliche Ton bei einem Blau Nr. 13, das an sich auch noch keine Spur von Rot enthält, nur gesättigter ist, in die Erscheinung, und zwar sowohl bei Weiss- (75% Blau Nr. 13, 25% Weiss) wie bei Schwarzzusatz (30% Blau Nr. 13 und 70% Schwarz)!

Die Divergenz dieser Beobachtungen mit den Ergebnissen Westphals liess eine Wiederholung seiner Versuche für angezeigt erachten.

Versuchsanordnung: Da ein Spektralapparat nicht zur Verfügung stand, wurden die farbigen Pigmente des neuen Ostwaldschen Farben-

atlas benutzt[1]). Nach Ostwald lässt sich jede Pigmentfarbe durch drei „Veränderliche“, durch Farbton, Weissgehalt und Schwarzgehalt, eindeutig bestimmen und der einzelne Anteil jeder dieser drei „Veränderlichen“ genau messen. Betrachtet man zunächst eine sog. Vollfarbengruppe, die — theoretisch wenigstens — keinen Weiss- oder Schwarzanteil besitzt, also absolut gesättigte Farbtöne enthält, dann unterscheidet sich jede einzelne Pigmentfarbe von den übrigen Farben dieser Farbengruppe nur durch den unterschiedlichen Farbton. Jeder Farbton, dem eine bestimmte Wellenlänge zugeordnet werden kann, wird nun nach Ostwald durch eine Kennzahl eindeutig festgelegt. Im ganzen wurden nun hundert Farbtöne derart ausgesucht, dass zwischen zwei benachbarten Farben nach Ostwald immer die gleiche Farbtonunterschiedsempfindlichkeit (s. Physikal. Farbenlehre S. 104 u. 116) zu beobachten ist. In einer solchen Vollfarbengruppe erhielt nun das reine Gelb[2]) (entsprechend Wellenlänge 572,1 $\mu\mu$) die Nummer 00, ein Rot von der Wellenlänge 700 $\mu\mu$ die Nummer 25, ein Blau von der Wellenlänge 440 $\mu\mu$ die Nummer 50 und ein Grün von der Wellenlänge 487,1 $\mu\mu$ die Nummer 75. Zwischen diesen Nummern sind dann die übrigen Farbtöne eingeordnet worden. Ordnet man diese Vollfarbenreihe zu einem Farbkreis an, dann liegen sich die Nummern 00 und 50 sowie 25 und 75 genau gegenüber. Da nun die einzelnen Nummern so ausgewählt wurden, dass zwei um 50 Nummern verschiedene Farbtöne immer zwei Kompensationsfarben darstellen, so kommt jedes Kompensationsfarbenpaar in diesem Farbenkreis an die Enden eines Durchmessers zu liegen. Jede dieser Zahlen des Ostwaldschen Farbenatlas deutet nun darauf hin, dass in allen (nach Schwarz- und Weissgehalt unterschiedlichen) Farbengruppen immer technisch der gleiche Farbstoff[3]) zur Herstellung Verwendung gefunden hat.

Sieht man nun von den Farbtonänderungen ab und behandelt nur die Variationsmöglichkeiten der beiden anderen „Veränderlichen“, des Schwarzgehaltes und Weissgehaltes, dann lassen sich aus jedem mit einer bestimmten Zahl belegten Farbton eine Anzahl „farbtongleicher Gruppen“ ableiten, deren Ordnung und Bezeichnungsweise sich an Hand der Abbildung 9

[1]) Vgl. hierzu und zu den folgenden Ausführungen Ostwald „Physikalische Farbenlehre“, Leipzig 1919, besonders S. 218 ff. und „Beiträge zur Farbenlehre“, Abhandl. d. math. physischen Klasse der Königl. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften, Bd. 34, Nr. III, ferner „Mathematische Farbenlehre“, Leipzig 1918, die „Farbenfibel“, Leipzig 1917, „Der Farbenatlas“, Gebrauchsanweisung und wissenschaftliche Beschreibung, Leipzig 1918; ein Referat über die ges. Farbenlehre bringt Podestà, „Die Grdl. der Ostwaldschen Farbenlehre in ophthalmologischer Bedeutung“, A. f. O., Jahrg. 1919.

[2]) Vgl. Ostwald, „Physikal. Farbenlehre“, S. 110. Die Zuordnung der einzelnen Wellenlängen zu den Nummern des Ostwaldschen Farbenatlas ist mit einer Unsicherheit bis zu zwei Nummern des Atlas behaftet.

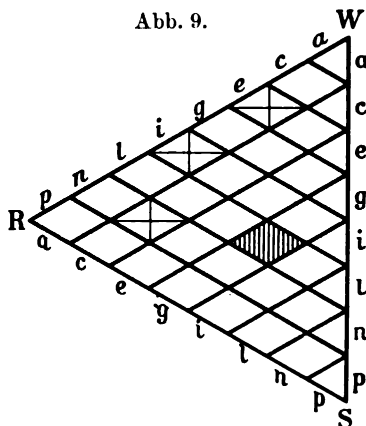
[3]) Nach Ostwald (vgl. „Mathemat. Farbenlehre“ S. 66 ff.) haben gleichen Farbton alle diejenigen Farben, die mit einer bestimmten Farbe (der Kompensationsfarbe) sich zu neutralem Grau mischen lassen. Da das Mischungsgesetz innerhalb der Bedingungen des Tagessehens seine Gültigkeit bewahrt, drückt die obige Formulierung den gleichen Tatbestand aus.

(vgl. auch Ostwald, Physikalische Farbenlehre, Abb. 54 und 55) darstellen lässt.

Die „Mannigfaltigkeit" dieser farbtongleichen Gruppe „wird durch ein Dreieck dargestellt, in dessen Ecken Vollfarbe (R), Weiss (W) und Schwarz (S) liegen und in dem die Dreieckskoordinaten jedes Punktes die Anteile an diesen drei Bestandteilen zahlenmässig ausdrücken.

Jeder der in der Abbildung 9 dargestellten Rhomben stellt also eine Farbtongruppe von bestimmtem Schwarz- und Weissgehalt dar. Von R nach W nimmt also der Weissgehalt, von R nach S der Schwarzgehalt zu. Die der R S-Seite parallelen Linien bedeuten also Farben gleichen Weissgehalts, die sog. „Weissgleichen", die der RW-Seite parallelen Linien Farben gleichen

Abb. 9.



Schwarzgehaltes, die sog. Schwarzgleichen. Jeder Rhombus wird nun durch Buchstaben bezeichnet, wie aus der Abbildung 9 hervorgeht. Und zwar steht immer hinter der Kennzahl an erster Stelle der Buchstabe, der den Weissgehalt, an zweiter Stelle der, der den Schwarzgehalt angibt. Dann ist jede einzelne Pigmentfarbe nach ihren drei „Veränderlichen" durch Masszahlen festgelegt. So bedeutet im Ostwaldschen Farbenatlas 37 lg eine Farbe von dem Farbton Nr. 37, dem Weissgehalt l und dem Schwarzgehalt g. In der Abbildung 9 ist der dieser Farbtongruppe entsprechende Rhombus schraffiert gezeichnet. Es wurden nun drei verschiedene Farbtongruppen des Ostwaldschen Farbenatlas verwandt, erstens die Reihe n c, zweitens die Reihe i a und drittens e a (in der Abbildung 9 mit einem Kreuz versehen!). Die drei Reihen, die kurz als N-, I- und E-Reihe bezeichnet werden sollen, unterscheiden sich durch eine von N nach I und von I nach E zunehmende Verweisslichung[1]). Die

[1]) Auch der Schwarzgehalt ist nicht ganz der gleiche, insofern, als die erste Reihe etwas mehr Schwarz (40—50%) enthält als die beiden anderen (0—30%). Diese Fehlerquellen mussten mit in Kauf genommen werden, da die den beiden Reihen i a entsprechende, völlig schwarzfreie Reihe n a aus technischen Gründen nur als 25teilige Reihe hergestellt werden konnte.

N-Reihe enthält nach Ostwald („Der Farbenatlas", S. 18) einen Weissgehalt von 8—6,4%, die I-Reihe von 20—16%, die E-Reihe von 50—40%. (Man beachte, dass nach Ostwald [Farbenatlas, S. 1] R + W + S = 100 gesetzt ist!)

Es wurde nun in jeder Farbtonreihe die Lage der Urfarben bestimmt. Benutzt wurde das „Verfahren des Auf- und Abstieges" von Westphal. Die auf einem schwarzen Karton ausgelegten Farbentäfelchen wurden bei Tageslicht durch Wegziehen und Zudecken schwarzer Pappstreifen sukzessive aufgedeckt. Sollte etwa die Lage des Urgelb ausfindig gemacht werden, so hatte die V. P. von den grünen Farbtönen ausgehend über die Stelle des reinen Gelb wegschreitend dasjenige Gelb zu suchen, in dem zum ersten Male ein Stich ins Rötliche zu bemerken war. Die Nummer dieses Farbtäfelchens wurde notiert. Dann wurde das umgekehrte Verfahren eingeschlagen. Von den roten Farben ausgehend wurde wiederum über die rein gelben Töne hinweg das Gelb bestimmt und notiert, das einen schwachen Schimmer ins Grünliche zu zeigen schien. Unter den zwischen den beiden notierten Farbentäfelchen eingeschlossenen Farbentönen wurde dann durch sukzessiven Vergleich und durch Nebeneinanderhalten der dem Farbton nach am weitesten voneinander entfernten Farbtafeln eine engere Auswahl getroffen. Bei den meisten V.P. konnte ein einziger Farbton mit einiger Bestimmtheit herausgegriffen werden. War die Unsicherheit so gross, dass mehrere Farbtöne als Urfarben in Betracht kamen, wurde das Mittel genommen. Nur wenn die Unsicherheit sich über mehr als drei Tafeln erstreckte, wurde das Ergebnis nicht verwertet und an der betreffenden Stelle der Tabelle (s. unten am Schlusse dieser Arbeit) ein Fragezeichen gemacht.

Auf diese Weise wurden zunächst sämtliche Urfarben der N-Reihe bestimmt. Nach einem Zeitabstand von mindestens zwei Wochen, der von andern Versuchen (s. unten S. 110) ausgefüllt war, wurde die Urfarbenbestimmung in derselben Reihe wiederholt. Nachdem im ganzen drei Bestimmungen gemacht worden waren, wurde die I-Reihe und nach entsprechender Pause die E-Reihe vorgenommen. Auch hier wurden je drei Bestimmungen gemacht. Die mehrwöchentlichen, meist von anderen Versuchen ausgefüllten Pausen wurden deshalb für erforderlich erachtet, um den Uebelstand zu vermeiden, dass etwa nach dem Gedächtnis die gleichen Pigmente wie beim letzten Versuch ausgesucht wurden. Aus je drei zusammengehörenden Urfarbenbestimmungen einer jeden Reihe wurde dann das Mittel gezogen und diese sog. N M-, I M- und E M-Werte miteinander verglichen[1]).

Im ganzen standen 17 V.P. zur Verfügung, die leider während des kurzen Sommersemesters 1919 nicht alle 9 Versuchsreihen durchführen konnten. Die Versuchspersonen, die in der folgenden Tabelle mit den Nummern

[1]) Wenn nur zwei bzw. eine Urfarbenbestimmung für jede Reihe gemacht werden konnte, wurden auch diese Werte umgerechnet bzw. direkt mit den M-Werten verglichen.

1 bis 17 (sämtliche V.P. behielten während aller Versuchsreihen, die in dieser Arbeit durchgeführt wurden, ihre Nummern bei) bezeichnet werden sollen, waren sämtlich Studenten bzw. Studentinnen und nur teilweise in optischen Beobachtungen geübt. Sie waren mit einer Ausnahme (s. Beobachter Nr. 16 der Tabelle, der grünanomal war) alle farbentüchtig, wie durch die Stillingsche und Nagelsche Probe jedesmal vorher festgestellt wurde. Die Urfarbenbestimmung wurde auch von den ungeübten Beobachtern mit teilweise überraschender Genauigkeit durchgeführt. Nur bei einigen V.P. wurden die ersten Beobachtungen der N-Reihe nicht berücksichtigt.

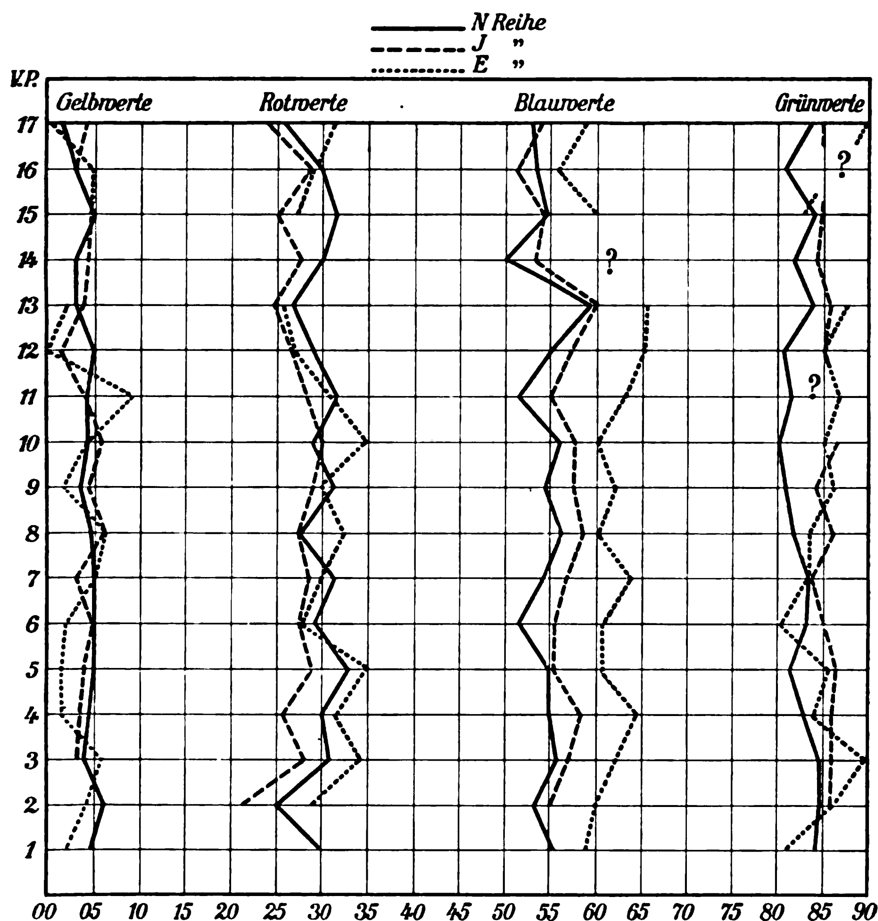
F e h l e r q u e l l e n : Auf einen Uebelstand ist oben S. 80 bereits hingewiesen worden. Die sog. N-Reihe enthält etwas Schwarz, während die I- und E-Reihe vollständig frei davon sind. Eine starke Beeinflussung der Resultate ist durch einen derart geringfügigen Zusatz von Schwarz aber wohl kaum anzunehmen. Höchstens stünde zu erwarten, dass die Bestimmung des Urgelb dadurch etwas modifiziert würde, da das Gelb auch einem relativ geringfügigen Zusatz von Schwarz gegenüber sich als recht empfindlich erweist und leicht einen etwas grünlichen Ton annimmt (vgl. auch O s t w a l d, „Farbenfibel", S. 25 u. 26). Durch den Schwarzzusatz könnte also das eigentliche Urgelb etwas grünlich und dadurch das in der N-Reihe bestimmte Urgelb etwas nach rot zu verschoben erscheinen!

Eine weitere Fehlerquelle liegt darin, dass die grosse Mehrzahl der V.P. im Beobachten ungeübt war. Durch langsame Einübung der V.P., durch mindestens dreimalige Wiederholung eines jeden Versuchs sowie durch Verwendung einer möglichst grossen Anzahl von V.P. wurde versucht, die Wirksamkeit dieser Fehlerquelle möglichst herabzudrücken. Drittens wäre noch auf den Uebelstand hinzuweisen, dass die Belichtungsverhältnisse, unter denen beobachtet wurde, nicht immer die gleichen waren. Dadurch, dass die meisten Versuche in den Vormittagsstunden (an einem nach Westen gelegenen Fenster) gemacht wurden, wurde eine möglichst grosse Gleichmässigkeit der Belichtung erstrebt. Durch teilweises Zuziehen eines Vorhanges konnten ausserdem grobe Beleuchtungsdifferenzen einigermassen ausgeglichen werden. Stichproben, die einen Vergleich zwischen einigen in den Vormittags- und einigen in den Nachmittagsstunden angestellten Versuchen gestatteten, zeigten ausserdem, dass eine nennenswerte Verschiebung der Resultate nicht zu befürchten war. Die V e r s u c h s e r g e b n i s s e sind in der am Schluss der Arbeit beigefügten Tabelle zusammengestellt.

Die erste Vertikalkolumne gibt die Nummern der einzelnen V.P. an. Die 4 grossen (durch bis oben durchgeführte Vertikallinien abgetrennte) Vertikalkolumnen enthalten die 9 Bestimmungen für die vier Urfarben. Jede dieser 4 Kolumnen zerfällt wieder in 3 Unterabteilungen für die N-, I- und E-Reihe, von denen jede wiederum 4 Kolumnen enthält. Von den letzteren enthalten die ersten drei die Werte für jede einzelne Urfarbenbestimmung. Die vierte Kolumne zeigt die Mittelwerte (N M-, I M-, E M-Werte) an. Die Aus-

rechnung dieser Mittelwerte wurde nur grob durchgeführt und die erste Dezimale unberücksichtigt gelassen (höchstens wurde die Hälfte zwischen zwei ganzen Zahlen genommen), um nicht eine in Anbetracht der grossen intraindividuellen Schwankungen unangebrachte Präzision vorzutäuschen. Ein Vergleich dieser Werte lässt sich am leichtesten mit Hilfe der graphischen

Abb. 10.



Darstellung in Abbildung 10 durchführen. Auf der Abszisse sind die Nummern des Ostwaldschen Farbenatlas in Abständen von je 5 Nummern eingetragen (über die Bedeutung der Nummern s. oben S. 79). Die Zahlen auf der Y-Achse geben die den einzelnen V.P. beigelegten Nummern an. Die ausgezogenen Linien verbinden die eingetragenen Mittelwerte der N-Reihe, die gestrichelten Linien die der I-Reihe und die punktierten Linien die der E-Reihe. Auf die Bedeutung der inter- und intraindividuellen Schwankungen,

wie sich diese aus der Betrachtung der Tabelle bzw. der graphischen Darstellung ergeben, soll weiter unten (S. 121) eingegangen werden. Hier interessieren zunächst nur die Abweichungen, die der Verlauf der N-M-Kurve von dem der I M- und E M-Kurve aufweist. In einigen Punkten besteht eine gute Uebereinstimmung mit den Ergebnissen Westphals. Wie bei Westphal kann eine Verschiebung des Urgelbs nach rechts oder links kaum nachgewiesen werden. Alle drei Gelbkurven verlaufen ziemlich regellos durcheinander. Bei Rot tritt wie bei Westphal bei fast allen Beobachtern, wenn man die ausgezogene N M-Kurve mit der gestrichelten I M-Kurve vergleicht, eine deutliche Abweichung nach Gelb hin auf, d. h. bei grösserem Weissgehalt liegt das Urrot mehr nach dem Urgelb[1]) zu. Nur bei einem der 17 Beobachtern ist keine Abweichung und bei einem anderen eine geringfügige in entgegengesetzter Richtung festzustellen. Dieses ändert sich, wenn man die E M-Kurve zum Vergleich mit heranzieht: Bei sehr starkem Weisszusatz macht sich bei einem Teil der Beobachter (6) eine sehr beträchtliche Abweichung in umgekehrter Richtung nach dem Urblau zu geltend. Die E M-Werte liegen teilweise um 4 bis 5 Nummern nach der blauen Seite hin verschoben. Aber auch bei den übrigen Beobachtern scheint sich bei dem sehr hohen Weissgehalt der E-Reihe diese umkehrende Tendenz bemerkbar zu machen.

Ganz ähnliche Erscheinungen zeigen sich beim Urgrün. Ein Vergleich der N M-Kurve mit der I M-Kurve weist in Uebereinstimmung mit Westphal bei zunehmender Verweisslichung zunächst auf eine deutliche (im Durchschnitt 3 bis 4 Nummern[2]) betragende) Verschiebung des Urgrün nach dem Gelb zu hin, und zwar für alle Beobachter! (Nur die gänzlich abweichenden Werte des Grünanomalen — Nr. 16 — blieben unberücksichtigt!). Nimmt die Verweisslichung noch mehr zu, macht sich wiederum wie beim Urrot — man betrachte die E- und M-Kurven — eine rückläufige Tendenz bemerkbar, die sich allerdings nicht ganz so stark wie beim Urrot zeigt.

Ob diese bei sehr starker Verweisslichung angestellten Beobachtungen im Gegensatz zu den Ergebnissen Westphals stehen, kann nicht festgestellt werden, da sich bei Westphal bedauerlicherweise nur relative, keine absoluten Werte für die Verweisslichung (ebenso für die Intensitätsverminderung) finden. Eine Nachprüfung der Westphalschen Ergebnisse mit sehr stark verweisslichten Spektralfarben wäre daher sehr zu wünschen. Hervorzuheben ist aber nochmals, dass bei einem mittleren Grad von Verweisslichung die Ergebnisse Westphals sowohl für Gelb wie für Rot und Grün bestätigt werden können. Dagegen sind die Resultate für Blau völlig

[1]) Die Verschiebung beträgt durchschnittlich 3—4 Nummern. Eine Umrechnung in einen entsprechenden Wellenlängenabstand kann hierbei nicht — wie unten beim Urgrün — erfolgen.

[2]) Dies würde einer Verschiebung um etwa 10 $\mu\mu$ entsprechen, vgl. Ostwald, „Physik. Farbenlehre", S. 111; s. auch die ganz entsprechenden Werte bei Westphal oben S. 77.

abweichend von denen Westphals und stehen mit den älteren oben angeführten Berichten in voller Uebereinstimmung. Sowohl bei mittlerer wie bei starker Verweisslichung zeigt sich eine beträchtliche Verschiebung nach dem Grün hin. Besonders die (punktierte) E M-Kurve weist eine starke Abweichung bis zu 10 Nummern[1]) auf. Die Bestimmung des Urblau bei der N-Reihe ergibt einen um Nr. 55 herum liegenden Mittelwert. Dieselbe Nr. 55 sieht in der ersten Reihe schon schwach, in der E Reihe stark violett aus! Addiert man die einzelnen für eine Urfarbe sich ergebenden M-Werte einer jeden Farbtonreihe zusammen[2]) und zieht das arithmethische Mittel, so erhält man Zahlen (die generellen M-Werte), die das oben Gesagte ebenfalls deutlich veranschaulichen. Diese Zahlen seien in der folgenden Tabelle (Abb. 11) nochmals zusammengestellt.

Abb. 11.

	Gelb			Rot			Blau			Grün		
	NM	IM	EM	NM	IM	EM	NM	IM	EM	NM	IM	EM
Gener. M-Werte	3,77	3,68	3,37	29,59	27,3	30,0	54,3	55,9	61,6	82,5	85,2	85,2
NI + EI Differenzen	0,09	0,31		2,29	2,7		1,6	5,7		2,7	0,0	
NE-Differenzen	0,4			0,41			7,3			2,7		

Die drei Differenzen der „generellen Gelbwerte" zeigen lediglich Schwankungen der ersten Dezimale an. Aus ihnen ist also in Anbetracht der grossen intra- und interindividuellen Differenzen kaum eine Verschiebung des Urgelb zu entnehmen. Höchstens wäre eine ganz geringfügige Verschiebung nach links, nach grün zu, festzustellen. Anders beim Urrot. Die N I-Differenz beträgt hier fast zwei Nummern, deutet also bei einem mittleren Grad von Verweisslichung eine relativ starke Verschiebung des Urrots nach Gelb hin an. Die mit einem andern Vorzeichen zu versehende I E- und N E-Differenz weist auf die schon besprochene, bei starker Verweisslichung eintretende rückläufige Verschiebung des Urrots nach dem Urblau zu hin. Am grössten sind die Differenzen für Blau, die bei der N E-Differenz über 7 Nummern beträgt! Beim Urgrün zeigt die N I-Differenz wieder die Verschiebung des Urgrün nach Gelb zu, während die I E-Reihe und N E-Differenzen die bei sehr grosser Verweisslichung einsetzende rückläufige Tendenz erkennen lassen. Diese Ergebnisse weisen in teilweiser Uebereinstimmung mit

[1]) Entsprechende Wellenlängendifferenz rund 40 $\mu\mu$!

[2]) Ein solches an sich unzulässiges Verfahren hat nur dann eine gewisse Berechtigung, wenn man von der Fiktion ausgeht, dass alle V.P. über einen physikalisch in völlig gleicher Weise funktionierenden Augenapparat verfügen.

den Arbeiten Drehers und Westphals darauf hin, dass die von Hering behauptete Invariabilität der Urfarben bei Zunahme der Verweisslichung und bei Veränderung der Lichtintensität sich nicht mehr aufrecht erhalten lässt.

Ueber Grad und Richtung der Verschiebung, die die Urfarben bei Veränderung der Intensität und des Weissgehalts erleiden, ist bislang freilich nur eine teilweise Uebereinstimmung zu erzielen gewesen. Eingehendere Untersuchungen, die auch hier dringend zu wünschen wären, hätten vor allem folgendes zu beachten: Zunächst müsste die prinzipielle Frage entschieden werden, ob (und eventuell warum!) Verminderung der Lichtintensität bei Spektralfarben und Zunahme der Verweisslichung sowohl bei Spektral- wie bei Pigmentfarben den gleichen Einfluss bei der Verschiebung der Urfarben ausüben. Ferner dürfte es sich als unbedingt notwendig erweisen, nicht nur mit mehr oder weniger zufällig herausgegriffenen, sondern mit derart abgestuften Intensitäts- bzw. Verweisslichungsgraden zu arbeiten, dass die ganze Stufenleiter der Intensitäten bzw. Verweisslichungsgrade durchgeprüft wird. Denn die Ergebnisse der eigenen Versuche weisen deutlich darauf hin, dass Richtung und Grad der Abweichung sich bei einer weiteren Zunahme der Verweisslichung wieder ändern können. Auch nach der oben skizzierten Heringschen Annahme ist ja zu erwarten, dass von einer gewissen mittleren Intensitätsstufe ab, die etwa einer normalen Tageshelligkeit entsprechen würde, die Aenderungen des Farbtones nach den oberen wie unteren Intensitätsgraden zu in völlig anderer Weise verlaufen (vgl. S. 73). Natürlich wäre es ebenso unerlässlich, statt der relativen Zahlen, wie sie Dreher und Westphal bringen, absolute Werte für die Verwendung findenden Intensitäts- und Verweisslichungsgrade anzugeben.

Ueberblickt man die oben diskutierten Ergebnisse, so dürfte folgende Annahme über die Richtung der Urfarbenverschiebung sich als die vorläufig wahrscheinlichste herausstellen: Das bei einer relativ hohen Intensität bzw. einem sehr geringen Weissgehalt bestimmte Urrot sieht bei niederer Intensität sowie bei einem stärkeren Weissgehalt bläulich[1]), das Urblau rötlich[2]), das Urgrün bläulich[3]) und das Urgelb rötlich[4]) aus. Das auf Seite 77 wiedergegebene Schema lässt sich also in der in Abbildung 12 angegebenen Weise vervollständigen.

Das vorläufige Gesamtergebnis, das sich aus den oben besprochenen Arbeiten mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit gewinnen lässt, dürfte sich also — wie die Abbildung 12 unmittelbar zeigt — durch folgende Formel

---

[1]) Vgl. Westphal oben S. 77, sowie eigene Versuche S. 83.

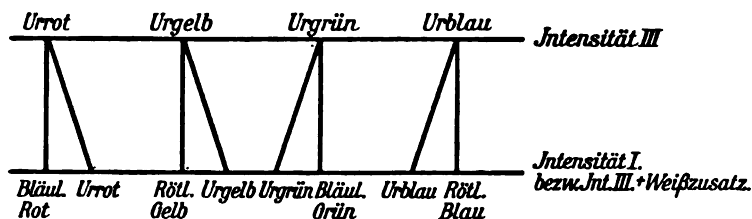
[2]) Vgl. Aubert, Kuhnt, Brentano oben S. 78, sowie eigene Versuche S. 85; vgl. aber auch den abweichenden Befund Drehers S. 76.

[3]) Vgl. Dreher S. 76, Westphal S. 78, eigene Versuche S. 84.

[4]) Vgl. Dreher oben S. 76, Brentano, Sinnespsychologie S. 135; vgl. aber auch die unsicheren Resultate Westphals sowie der eigenen Versuche S. 77 bzw. S. 83.

ausdrücken lassen: Bei Herabsetzung der Lichtstärke und bei Weisszusatz verschieben sich die Stellen des Urrot und Urgrün nach dem Gelb, die Stellen des Urgelb und Urblau nach dem Grün zu, oder, im ersten Falle verkleinert sich der Spektralabstand zwischen Rot und Grün, im zweiten Falle der zwischen Gelb und Blau!

Abb. 12.



Sollten neuere Untersuchungen diese Annahme bestätigen, so wären damit die Unterlagen gewonnen, um die früher besprochene Abweichung der Kontrastfarbe von der Kompensationsfarbe zu erklären. Die Tabelle auf Seite 51 sei in vereinfachter Form nochmals wiedergegeben.

Reizfarben	Kompensationsfarben		Kontrastfarben
Urrot	schwach bläulich		deutl. bläulich
		grün	
Urblau	schwach rötlich		deutl. rötlich
		gelb	
Urgrün	schwach bläulich		deutl. bläulich
		rot	
Urgelb	schwach rötlich		deutl. rötlich
		blau	

Die aus der Tabelle ersichtliche Abweichung der Kontrastfarbe von der Kompensationsfarbe kann nun auf Grund der oben mitgeteilten Ergebnisse verhältnismässig leicht erklärt werden, wenn man von der im allgemeinen wohl gültigen Voraussetzung ausgeht, dass die Kontrastphänomene immer einen relativ niederen Intensitätsgrad bzw. einen ziemlich hohen Grad von Verweisslichung aufweisen. Die induzierten Farben würden also etwa eine der Intensität I (vgl. Abb. 12) vergleichbare Intensität besitzen. Nun liefert z. B. Heringsches Gelb (Nr. 5) ein Kontrastblau, das einen stärkeren rötlichen Einschlag aufweist als die dem Gelb Nr. 5 entsprechende und bei der stärkeren Intensität III zur Mischung Verwendung findende Kompensationsfarbe 12.5. Dieser rötlich gefärbten Kontrastfarbe (von der Intensität I) würde nun, wie aus der Abbildung 12 hervorgeht, in der Intensitäts-

stufe III ein weniger stark rötlich gefärbtes Blau (etwa annähernd der Nr. 12,5) entsprechen. Führt man diese Betrachtung auch für die anderen Urfarben durch, so zeigt sich leicht, dass der deutlich rötliche bzw. bläuliche Einschlag der Kompensationsfarbe immer dadurch erklärt werden kann, dass man es bei der Kontrastfarbe im Vergleich zur Kompensationsfarbe mit einer geringeren Intensität zu tun hat und dass dadurch die aus der Abbildung 12 zu entnehmenden Verschiebungsgesetze in Wirksamkeit treten. Sollte dieser Erklärungsversuch, auf dessen völlig hypothetischen Charakter hier nochmals ausdrücklichst hinzuweisen ist, einer eingehenderen Kritik standhalten, wäre damit für die bisher recht kompliziert anmutenden Beziehungen zwischen Gegenfarbe, Kompensationsfarbe und Kontrastfarbe eine ziemlich weitgehende Vereinfachung gewonnen.

Qualitätsänderungen der Spektralfarben infolge Ermüdung der Netzhaut.

Eine dritte Art von invariablen Farbtönen wäre nach der Ansicht Herings bei Ermüdung der Netzhaut zu erwarten. Unter den wenigen Arbeiten, die sich mit diesen Phänomenen beschäftigten, könnte an erster Stelle wiederum eine Arbeit von Hess („Ueber die Tonänderungen der Spektralfarben durch Ermüdung der Netzhaut mit homogenem Licht“, A. f. O., Bd. 36, I. Abt., S. 1) erwähnt werden. Diese Abhandlung ist jedoch infolge ihrer besonderen Problemstellung, die auf das mögliche Auftreten von invariablen Farbtönen keine Rücksicht nimmt, hier von geringem Interesse. Hess erblickt die Aufgabe seiner Untersuchungen darin, „für die verschiedenen homogenen Lichter die Aenderungen im Tone festzustellen, welche dieselben erfahren, wenn sie mit einer Netzhautstelle gesehen werden, die vorher mit einem beliebigen (gleichfalls homogenen) Lichte gereizt worden war“ (a. a. O., S. 4). Seine Ergebnisse lassen sich durch den Satz ausdrücken, dass „alle Lichter für die ermüdete Netzhautstelle ihren Ort im Farbenzirkel so ändern, dass sie vom Ort der ermüdeten Farbe weg nach dem Orte der Gegenfarbe verschoben erscheinen“ (vgl. auch oben S. 52). Erst Voeste hat in einer Arbeit[1]) der Frage nach dem Verhalten der sog. Urfarben bei Ermüdung der Netzhaut besondere Aufmerksamkeit gewidmet[2]). Bei den Untersuchungen Voestes wurden zwei benachbarte Felder, die durch einen dunklen, mit einem Fixierpunkt versehenen Streifen voneinander getrennt waren, miteinander verglichen. In dem einen Feld wurde das sog. „ermüdende“

[1]) „Messende Versuche über die Qualitätsänderungen bei Ermüdung der Netzhaut“, Z. Ps. 18.

[2]) Wie auch aus Voestes Arbeit hervorgeht, scheint er der einzige gewesen zu sein, der diese Fragen durch eine besondere, experimentell zu behandelnde Problemstellung zu beantworten suchte.

Licht eine kurze Zeit (einige Sekunden) dargeboten und dann mit dem veränderlichen „Vergleichslicht" verglichen. Dieses Vergleichslicht wurde dann so lange variiert, bis es dem ermüdenden Licht dem Farbton nach als subjektiv gleich beurteilt wurde. Die Resultate seien im folgenden tabellarisch wiedergegeben:

Ein	Licht	von	660—570 $\mu\mu$	erschien nach Ermüdung gelblicher bzw. grün
„	„	„	560 $\mu\mu$	verändert seinen Farbton nicht
„	„	„	560—300 $\mu\mu$	erschien gelber
„	„	„	500—450 „	war invariabel
„	„	„	450—470 „	erschien grüner
„	„	„	470—454 „	ergab einen invariablen Punkt
„	„	„	470—454 „	ab erschien wieder blauer.

Diese Resultate stehen zwar in einigen Punkten mit der Heringschen Auffassungsweise annähernd in Einklang, in anderen aber widersprechen sie ihr. Schon dass bei den verschiedenen Intensitäten statt an der Stelle des subjektiven Urblau verschiedene unveränderte Stellen zwischen 470—450 $\mu\mu$ auftreten, entspricht nicht ganz den Erwartungen. Die auffälligste Abweichung ist wohl die, dass ein subjektives reines Gelb nach Ermüdung als grünlicher beurteilt wird. Erst um 560 $\mu\mu$, einem deutlich grünlichen Gelb, liegt ein invariabler Punkt (vgl. hierzu die Ausführungen Drehers, a. a. O., Seite 69).

Auch die Ergebnisse Loebs („Ein Beitrag zur Lehre vom Farbengedächtnis", Z. Ps. II, Bd. 46, 1912, S. 83 ff.), die zum Teil ebenfalls durch Ermüdung oder eine „Umstimmung des Sehorgans" (a. a. O., S. 157) erklärt werden können, sind hier zum Vergleich heranzuziehen. Auch bei Loeb ist ein Rot von der Wellenlänge 670 $\mu\mu$ deutlich nach dem violetten, grün (523 $\mu\mu$) nach dem roten Spektralende verschoben (a. a. O., S. 128, vgl. auch die tabellarische Uebersicht der Ergebnisse Voestes). Dagegen konnte bei 562 $\mu\mu$ eine Abweichung nach dem roten Ende festgestellt werden. Die Divergenz dieser Ergebnisse, die durch neue Versuche erst noch nachzuprüfen wären, erlaubt eine Entscheidung hinsichtlich der Frage nach der Sonderstellung einzelner Farbtöne nicht. Die Tatsache, dass diese Ergebnisse in der Hauptsache für eine Verschiebung auch der Urfarben zu sprechen scheinen, deutet aber auch hier darauf hin, dass die Phänomene sich in das Schema der Heringschen Theorie nicht ohne weiteres einfügen lassen.

Die phänomenologische Analyse der geschlossenen Farbkurve.

Die phänomenologische Analyse der Farbkurve stellt mehr oder weniger die methodische Grundlage dar, auf der Mach, Hering, G. E. Müller, Wundt und andere ihre Farbtheorieen aufbauten. Besonders G. E. Müller hat durch die Aufstellung seiner vier psychophysischen Axiome das methodische Verfahren, aus den Ergebnissen einer psychologischen Betrachtung der Farbenempfindungen Rückschlüsse auf die physischen bzw. psychophysischen Unterlagen zu ziehen, scharf präzisiert und bis ins einzelne ausgebaut. Die Frage, ob und inwieweit ein solcher Rückschluss vom „Psychischen" aufs „Physische" statthaft sei, ist durch die Aufstellung von „Axiomen" natürlich nicht ohne weiteres entschieden (vgl. dazu die Aeusserungen von Kries oben S. 13). Eine Erörterung dieser prinzipiellen, in der Hauptsache zunächst erkenntnistheoretisch und metaphysisch zu behandelnden Frage fällt jedoch weit über den Rahmen dieser Arbeit hinaus. Zudem sind auch diejenigen Forscher, die wie I. v. Kries nicht ganz auf dem Boden eines strengen psychophysischen Parallelismus zu stehen scheinen, sich darin einig, dass die phänomenologische Analyse auf alle Fälle einen Prüfstein für jede Farbentheorie darstellt, dass also Hypothesen, deren Folgerungen mit den Ergebnissen der subjektiven Betrachtung der Farbenempfindungen nicht übereinstimmen, als unhaltbar bezeichnet werden müssen. Durch diese Forderung wird vor allem die Dreikomponententheorie schwer getroffen, da sie mit den Ergebnissen der psychologischen Analyse im schärfsten Widerspruch steht[1]). Gerade in diesen Schwierigkeiten, in die sich die Lehre von Helmholtz verstrickt, wenn man die Ergebnisse der psychologischen Analyse mit zu ihrer Beurteilung heranzieht, dürfte die Ursache liegen, dass die Helmholtzsche Theorie wenigstens in ihrer ursprünglichen, von Helmholtz selbst gegebenen Fassung heute wohl von keinem Psychologen ernstlich mehr vertreten wird. Erst in der von I. v. Kries vorgenommenen Modifikation (Zonentheorie) kann sie mit den Resultaten der psychologischen Beobachtung einigermassen in Einklang gebracht werden (s. oben S. 42). Leider sind nun die Ergebnisse der phänomenologischen Analyse selbst keineswegs eindeutig. Noch immer ist die Frage unentschieden, ob auf Grund einer solchen subjektiven Betrachtung eine Sonderstellung bestimmter Farbtöne erkennbar sei oder nicht. Zunächst sei das methodische Verfahren Herings genauer dargestellt. Geht man in einem Heringschen Farbzirkel (man vgl. auch dazu Abb. 15 und S. 109), in dem die einzelnen Farbtöne derart angeordnet sind,

[1]) So soll z. B. nach Helmholtz die Empfindung „Weiss" durch gleichzeitige Erregung aller drei Sehsubstanzen entstehen. Wie es kommt, dass trotzdem Weiss als eine absolut einfache, „neutrale" Farbenempfindung imponiert, bleibt nach der Helmholtzschen Theorie völlig unerklärlich. Man vgl. Wundts Grdz. 6. Bd., S. 245 und S. 256.

dass „die Verschiedenheit zweier benachbarter Farben minimal, die Aehnlichkeit maximal ist“, von einer beliebigen Farbe, z. B. einem spektralen Rot aus, „so sehen wir die in der einen Richtung sich anreihenden roten Farben immer deutlicher gelblich werden, während die Rötlichkeit der Farben entsprechend zurücktritt, bis wir durch Orange und Goldgelb hindurch zu einem Gelb gelangen, welches keine Spur mehr von der noch im Orange so deutlichen Röte zeigt. An dieses Gelb schliessen sich andere gelbe Farben an, welche mehr und mehr ins Grüne spielen“ usw. (Hering, Grdz. S. 41). In dieser „zu einem Zirkel geschlossenen Farbtonreihe“ sollen sich nun vier ausgezeichnete Stellen befinden: „1. die Stelle desjenigen Gelb, welches keine Spur von Rötlichkeit mehr zeigt, andererseits auch keine Spur von Grün erkennen lässt; 2. dasjenige Blau, von dem dasselbe gilt. Die beiden Farben werden als Urgelb und Urblau bezeichnet. Ebenso können wir 3. dasjenige Rot und 4. dasjenige Grün, welche weder bläulich noch irgend gelblich sind, als Urrot und Urgrün benennen“ (s. Hering, Grdz. S. 41, vgl. auch Abb. 15). In diesem Farbzirkel lassen sich sämtliche Farbtöne nun so ordnen, „dass die hier genannten Urfarbentöne denselben in seine vier Quadranten teilen“, dass also je zwei Urfarben (gelb und blau, sowie rot und grün) an die Enden zweier aufeinander senkrechter Durchmesser zu liegen kommen. Der Farbzirkel wird so in je zwei Hälften geteilt, einmal in eine gelbhaltige (links...) und eine blauhaltige (rechts vom senkrechten Durchmesser gelegene), und zum andern in eine grünhaltige (oberhalb...) und in eine rothaltige (unterhalb des horizontalen Durchmessers gelegene). Jeder Quadrant dieses Zirkels würde von den zwischen je zwei Urfarben liegenden „Zwischentönen“ gebildet werden, die sich lediglich dadurch unterscheiden, dass in ihnen das „Verhältnis der Deutlichkeit“ der einen Urfarbe zu der Deutlichkeit der anderen Urfarbe verschieden, und zwar in einer Richtung abnehmend bzw. zunehmend ist.

Diese aus der psychologischen Betrachtung des Farbzirkels nach Hering sich ergebende Sonderstellung der vier Urfarben wird nun noch ergänzt durch die Behauptung, dass jene zwei sich gegenüberliegenden Urfarben auch Gegenfarben, d. h. sich gegenseitig ausschliessende Farben seien. Während z. B. zwischen Rot und Gelb eine sehr lange Reihe von Zwischentönen möglich sei, die zugleich dem Rot und dem Gelb verwandt und ähnlich sind, sollen zwischen Rot und Grün (ebenso zwischen blau und gelb) Zwischenglieder solcher Art nicht auffindbar sein. „Von einer Farbe, welche etwas Rotes an sich hat, können wir zu einer Farbe, die mehr oder weniger grünlich ist, durch eine stete, bunte Farbenfolge nur auf dem Umweg über das Urgelb und Urblau gelangen.“ Diese Urfarben werden nun weiter dadurch charakterisiert, dass ihnen immer nur „eine bunte Valenz“ zukommen soll, während den „Zwischentönen“ „zwei bunte Eigenschaften“ zuzuschreiben wären. Noch deutlicher soll die Sonderstellung der vier Urfarben hervortreten, wenn man die einzelnen Farbtöne des Farbzirkels der Reihe nach durchmustert.

Dann sollen die sog. Urfarben „Wendepunkte" innerhalb der Kurve darstellen, insofern als in ihnen die eine bunte Eigenschaft gerade verschwindet, während die andere beginnt (Hering, Grdz. S. 43). Da diese aus der phänomenologischen Analyse gewonnenen Ergebnisse das Fundament darstellen, auf dem Hering seine Gegenfarbentheorie aufbaut, ist eine besonders eingehende, kritische Prüfung dieser Unterlagen dringend geboten.

Ein Punkt der Heringschen Darstellungsweise hat besonders stark zur Kritik herausgefordert. Hering sucht den prinzipiellen Unterschied, der zwischen den Urfarben einerseits und den Zwischentönen andererseits besteht, dadurch deutlich zu machen, dass er den Urfarben nur eine, den Zwischentönen dagegen zwei farbige Valenzen zuschreibt. Diese Erklärung ist doch wohl nur so zu deuten, dass die Urfarbenempfindung einfacher Natur sein müsse, während die Empfindungen der Zwischentöne als irgendwie „zusammengesetzt" oder „gemischt" anzusehen wären. Diese Folgerungen stehen nun in einem scharfen Gegensatz zu den Anschauungen der meisten modernen Psychologen, die fast alle darin übereinstimmen, dass es keine zusammengesetzten „Gesichtsempfindungen" gebe und dass alle Farbtöne (sowohl die Urfarben wie die Zwischenfarben) einfacher Art seien. Im folgenden seien die einschlägigen Aeusserungen einiger Autoren zusammengestellt:

Ebbinghaus (Grdz. Bd. 1, S. 193 und S. 201): Niemand, der nicht zufällig weiss, dass die Farbe der Apfelsine durch Mischung roter und gelber Pigmentfarben dargestellt werden kann, wird durch blosse psychologische Analyse auf den Glauben kommen, aus ihr gleichzeitig rot und gelb herauszusehen. „Die Farben werden nicht als Akkorde, als Gemische empfunden, die man durch aufmerksame Analyse in mehrere Elemente auflösen könnte." „Sie sind allesamt für das unmittelbare Bewusstsein unzerlegbar einfache Gebilde." „Wenn man aus einer Farbe ohne weiteres die Komponenten zu erkennen glaubt, die technisch zu ihrer Herstellung gebraucht wurden, so ist das nicht mehr ursprüngliches Empfinden, sondern ein Nachklang anderswo erworbenen Wissens."

James (Psychol. 1909, S. 43): „Die senkundären Farbenempfindungen werden oft als Zusammensetzungen aus primären Farbenempfindungen angesprochen. Das ist ganz falsch. Die Empfindungen als solche sind nicht zusammengesetzt . . ."

Geyser (Lehrbuch der allg. Psychologie 1912, S. 143): „Die Farben, die wir durch Empfindung erleben, sind alle qualitativ einfache Farben."

G. E. Müller (Psychophysik, Z. Ps. Bd. 10, S. 59): „Mustern wir die Gesichtsempfindungen einzeln in beliebiger Aufeinanderfolge, so erscheinen sie uns sämtlich sozusagen von gleicher Dignität."

I. v. Kries (Ges. Empf. S. 140): „Wer seinen „Empfindungszustand" — etwa bei Betrachtung eines orangefarbenen Gegenstandes — „genau und unbefangen betrachtet, wird immer inne werden, dass er darin nicht das Nebeneinander einer bestimmten Rot- und einer bestimmten Gelbempfindung hat, etwa wie wir im Dreiklang die drei einzelnen Töne zusammen hören.... Ein bestimmtes Rot und ein bestimmtes Gelb als Teile herauszuempfinden ist unmöglich."

Titchener (Psychol. S. 61 bzw. 85): „Wenn man von einem reinen Rot und von Orangerot spricht, dann bezeichnen diese Ausdrücke nur die Lage der

Qualitäten auf einer Farbenlinie.... „Kein Orangerot kann subjektiv in Rot oder Orange analysiert werden.“ „Alle Farben sind im gleichen Sinne einfach; es ist z. B. unmöglich, durch subjektive Analyse ein Orange in Gelb und Rot zu zerlegen.“

Auch Fröbes (Psych. S. 48) wendet sich gegen die Bezeichnung „Mischfarben“ bzw. „zusammengesetzte Farben“, „da sie für das Bewusstsein ebenso einfach sind wie die Grundfarben“; und Elsenhans (Lehrb. d. Psych. S. 131) stellt fest, dass die „Uebergangsfarben oder Zwischenfarben“, „psychologisch“ betrachtet, als „ebenso einfache und selbständige Lichtempfindungen gelten können wie die Urfarben“. Ebenso energisch tritt endlich Meinong („Bemerkungen über den Farbenkörper und das Mischungsgesetz“, Z. Ps. Bd. 33, S. 1 ff.) für die phänomenologische Einfachheit der „Mischfarben“ ein. Er behauptet, dass „keine Analyse im Violett reines Rot und reines Blau herauszufinden imstande sei, indem man im Violett nicht sowohl Rot als Blau, sondern weder Rot noch Blau, dafür aber ein zwischen Rot und Blau liegendes Drittes vor sich hat“ (a. a. O., S. 19).

Nun meint zwar Hering, dass solche Einwendungen gar nicht „das Wesentliche seiner Auffassung“ träfen und dass es „völlig gleichgültig“ sei, „ob man von zusammengesetzten Empfindungen sprechen will oder nicht“. „Es handelt sich lediglich darum, dass den Phänomenen des Gesichtssinnes gewisse Merkmale oder Eigenschaften zukommen, dass bestimmte Merkmale oder Eigenschaften ganzen Gruppen dieser Phänomene gemeinsam sind...“ „So charakterisiert eine gewisse Röte und eine gewisse Bläue alle zwischen dem Urrot und dem Urblau liegenden Töne des Farbzirkels. Ob ich nun die Röte und Bläue des Violetts als Bestandteile oder Komponenten oder ob ich sie als Merkmale oder Eigenschaften des Violett bezeichne, scheint mir hier gleichgültig“ (Hering, Grdz. S. 46).

Diese Auffassung lässt sich — wenigstens in dieser zugespitzten Formulierung — wohl kaum aufrecht erhalten. Es ist für den weiteren Aufbau einer auf der Sonderstellung von vier Urfarben basierten Hypothese keineswegs völlig „gleichgültig“, von welcher Art nun die prinzipiellen Unterschiede zwischen den Urfarben und den Zwischentönen sind. In der Tat ist dann auch von mehreren Forschern, und zwar auch von Anhängern Herings, der Versuch unternommen worden, die Art dieser aus der subjektiven Analyse erkennbaren „spezifischen Differenzierung“ näher zu bestimmen. Man hat zunächst versucht, mit dem Begriffe der „Aehnlichkeit“ auszukommen. Die angeblich bzw. scheinbar „zusammengesetzte“ Natur der Orange soll dadurch erklärt werden, dass es eine „beiderseitige“ Aehnlichkeit mit rot und gelb aufweise, dass es gleichzeitig an rot und gelb erinnert. Allein hiergegen wurde bald mit Recht darauf hingewiesen, dass diese „beiderseitige“ Aehnlichkeit ja auch bei Urfarben vorhanden sei. Das Urrot beispielsweise ist sowohl dem Orange wie dem Violett ähnlich, ebenso wie es an beides gleichzeitig erinnert. In dieser Form reicht also der Begriff der Aehnlichkeit zur Präzisierung des Unterschiedes zwischen Urfarben und Zwischenfarben nicht aus.

Erst G. E. Müller ist es gelungen, eine etwas mehr befriedigende Formel zur Charakterisierung dieses Unterschiedes zu finden. „Mustern wir die Empfindungen einzeln in beliebiger Aufeinanderfolge, so erscheinen sie uns sämtlich sozusagen von gleicher Dignität“ (Psychophysik S. 59, vgl. aber auch unten S. 99). „Man muss die Gesichtsempfindungen zu Qualitätenreihen anordnen, dann zeigt sich der Unterschied zwischen den mittleren Gliedern und den Endgliedern dieser Reihe“ (a. a. O., S. 59). „Man muss zugleich die Richtung gegebener qualitativer Unterschiede oder Aenderungen der Gesichtsempfindungen berücksichtigen“ (a. a. O., S. 60). „Man muss sagen: Wenn ich vom Rot zum Orange und vom Orange zum Gelbgrün übergehe, so findet die Aenderung der Empfindungsqualität in gleicher Richtung statt. Gehe ich hingegen vom Orange zum Gelb und dann vom Gelb zum Gelbgrün über, so ist die Aenderung der Empfindungsqualität von anderer Richtung als im ersten Fall“ (a. a. O., S. 60). G. E. Müller fordert seine Leser auf, Rot, Orange, Gelb einerseits und Orange, Gelb und Grün andererseits nebeneinander zu legen, um einen dem Obigen entsprechenden Versuch zu machen und meint: „Wer sich durch Versuche der hier angedeuteten Art nicht davon überzeugen kann, ... dem ist einfach nicht zu helfen.“ Diese Auffassung, dass die Sonderstellung der Urfarben am besten durch „einen Richtungswechsel der Aehnlichkeiten“ charakterisiert würde, hat neuerdings (vgl. besonders Ebbinghaus, Grdz. S. 202 und Fröbes, Psychol. S. 48) eine grössere Verbreitung gefunden. Allerdings muss Ebbinghaus gleichzeitig zugeben, dass „die Formulierung aller Momente, die für das Bewusstsein des Unterschiedes eine Rolle spielen, noch nicht gelungen ist“ (s. Ebbinghaus, a. a. O., S. 202; vgl. aber auch die kritische Ausführung weiter unten S. 99).

Eine ziemlich isolierte Stellung nimmt unter den modernen Psychologen in der Behandlung dieses Problems Brentano (Sinnespsychologie 1907) ein, der an der Existenz „zusammengesetzter Farben“ festhält.

Seine geistvollen Ausführungen erscheinen immerhin bedeutungsvoll genug, um des näheren dargelegt zu werden[1]). Brentano behandelt in seinen „Untersuchungen zur Sinnespsychologie“ (S. 13 ff.) die bereits oben angeführten Argumente, die gegen eine „Zusammensetzung“ der Zwischenfarben ins Feld geführt wurden, und versucht sie zu widerlegen. Seiner Ansicht nach liegt bereits in dem Gebrauch zusammengesetzter Bezeichnungen für die Zwischenfarben ein deutlicher Hinweis darauf, dass die Zwischenfarben einen irgendwie „zusammengesetzten“ Charakter besitzen. „Alle Welt sagt von gewissen Farben, sie seien die eine weisslich rot, eine andere rötlich gelb, eine dritte grünlich gelb, eine vierte weisslich violett usw.“ Diejenigen, die die Aehnlichkeit dieser zusammengesetzten sprachlichen Bezeichnung auf eine beiderseitige Aehnlichkeit, analog der Aehnlichkeit, die ein Ton d mit seinen beiden Nachbartönen c und e aufweist, zurückführen wollen, glaubt er damit zurechtweisen zu können, dass hier eine ganz andersartige „Aehnlichkeit“ vorliege, nicht diejenige des Zwischentones d mit c und e, sondern die des Zweiklangs ce mit seinen beiden Komponenten. „Man erkennt aus der Mischfarbe die beiden Farben, wie man dort die beiden Töne heraushört“ (a. a. O., S. 16). „Nicht weil eine Farbe in gewisser Weise in der Mitte zwischen Weiss, Rot und Gelb erkannt wird, bezeichnen wir diese als ein weissliches Rotgelb, sondern weil wir,

[1]) Ueber seine Stellungnahme zu dem Problem des phänomenalen Grün soll weiter unten S. 103 berichtet werden.

sukzessive auf die einzelnen Farben sie prüfend (wie wir die Töne eines Mehrklangs herausanalysieren), jetzt Gelb, dann Rot, endlich auch Weiss darin zu entdecken vermögen, pflegen wir das Phänomen als ein zwischen Rot, Gelb und Weiss in der Mitte stehendes zu bezeichnen." Die phänomenale Undurchdringlichkeit zweier Farben, die darin besteht, dass zwei Farben unmöglich dieselben Teile des Gesichtsfeldes gleichzeitig einnehmen, muss allerdings auch Brentano zugeben (insofern würde also ein Vergleich mit dem Zweiklang nicht statthaft sein, da die Töne eine solche phänomenale Undurchdringlichkeit nicht aufweisen!). Die Schwierigkeit, die diese „phänomenale Undurchdringbarkeit" seiner Auffassung von der Zusammengesetztheit der Zwischentöne bereitet, glaubt er durch folgende Annahme beseitigen zu können: „Denken wir uns das Gesichtsfeld in unmerklich kleinen Teilen wechselweise von zwei Farben, z. B. von Rot und Blau erfüllt, so wird keine für sich merklich sein, das ganze Gesichtsfeld aber recht wohl bemerkt werden und seine Farbe ohne deutliche Unterscheidung der verschiedenen Parzellen doch als eine Vereinigung von Rot und Blau erscheinen. Sie muss das sein, was wir jetzt Violett nennen" (a. a. O., S. 18). Die Auffassung der Zwischentöne als Farben mit „multipler Qualität" wird in seinem in dem oben genannten Werke enthaltenen Vortrage „Ueber Individuation, multiple Qualität und Intensität sinnlicher Erscheinungen" (a. a. O., S. 51 ff., besonders S. 58) näher ausgeführt und begründet.

Unterzieht man diese weit divergierenden Auffassungen einer kritischen Betrachtung, so wäre zunächst darauf hinzuweisen, dass trotz dieser starken Divergenz eine Voraussetzung allen Untersuchungen gemeinsam ist, die Voraussetzung, dass sich aus der phänomenologischen Analyse heraus eine irgendwie zu charakterisierende Sonderstellung der Urfarben mehr oder weniger scharf erkennen lässt.

Nur Wundt und seine Schule vertreten eine von obigem völlig abweichende Anschauungsweise, da sie auch diese Grundvoraussetzung anzweifeln. „In unserer unmittelbaren Empfindung haben die Urfarben keinen von den Uebergangsfarben spezifisch verschiedenen Charakter" (Wundt, Grdz. 6. Bd. II, S. 245). Denn nach Wundt beruht die Sonderstellung, die wir einzelnen Farbtönen zuzuschreiben geneigt sind, lediglich darauf, dass die Sprache für diese Farbtöne bestimmte einfache Farbennamen geschaffen hat und dass nur „bestimmte Sinneseindrücke die Wahl der Hauptfarben veranlasst" haben, worauf dann von selbst den übrigbleibenden die Stellung von Uebergangsfarben zufallen musste". Da ursprünglich überhaupt nicht Empfindungen, sondern Gegenstände benannt wurden, ist es wahrscheinlich, dass „diese Namen nachträglich erst auf die entsprechenden Empfindungen hinübergewandert" sind, und zwar sollen die „einfachen" Farbennamen rot, gelb, grün und blau (die vier Hauptfarben) dadurch entstanden sein, dass gewisse Farbtöne in der Natur infolge ihrer „extensiven Verbreitung" bzw. ihres „intensiven Gefühlswertes" eine bevorzugte Rolle[1]) spielen

[1]) Wie „das Blau des Himmels", „das Grün der Vegetation", „das Rot des Blutes", das „Gelb als Farbe der herbstlichen Vegetation, des Wüsten- und Dünensandes", s. oben S. 14.

und dadurch die Wahl der Hauptfarben bestimmen. „Der Vorzug, den wir den Farben rot, gelb, grün, blau in dem System unserer Lichtempfindungen anweisen, wird durch diese Tatsache vollkommen begreiflich.“ Sobald sich aber jene vier den Wert von Hauptfarben errungen hatten, musste den übrigen vermöge der stetigen und in sich geschlossenen Beschaffenheit des Farbensystems von selbst die Rolle von Zwischenfarben zufallen“ (vgl. hierfür und für die obigen Zitate Wundts Grdz. 6. Bd. II, S. 249—250). „Hätten wir uns aus irgendwelchen Gründen daran gewöhnt, Purpur und Orange als Hauptfarben anzusehen, so würde wahrscheinlich niemand sich bedenken, dem Rot eine Rolle als Zwischenfarbe zwischen beiden zuzuschreiben.“ „Ebenso erkennt jedermann, dass sich zwischen Purpur und Orange, wenn man sie als Hauptfarben statuiert, das reine Rot genau in derselben Weise als Uebergangsfarbe einreiht, wie zwischen Rot und Gelb das Orange“ (Wundt, a. a. O., S. 250). Aber auch I. v. Kries stimmt mit Wundt darin überein, dass „die Reihe der Farbtöne als eine in sich zurücklaufende Qualitätenreihe“ anzusehen sei, „die für die Heraushebung irgendwelcher besonderer Punkte keinen Anlass bietet“. „Ich kann hiernach nur zu dem Schluss gelangen, dass weder die direkte Betrachtung der sog. gemischten Empfindungen, noch auch die spezifischen Vergleichungen eine Nötigung ergeben, fest bestimmte Elemente der Gesichtsempfindungen anzunehmen“ (Kries, Ges. Empf., S. 141).

Eine kritische Behandlung des Wundtschen Standpunktes hat in erster Linie die prinzipielle Frage zu entscheiden, „ob die Fixierung bestimmter sprachlicher Bezeichnungen die Folge einer ursprünglich gegebenen Beschaffenheit der Empfindung ist oder, durch mehr zufällige Momente entwickelt, nun ihrerseits dazu beiträgt, gewisse Empfindungen den Anschein von etwas physiologisch Ausgezeichnetem zu verleihen“ (Kries, Ges. Empf., S. 138). Die Behauptung Wundts, dass die ursprünglichen Farbennamen nicht zur Charakteristik von Farbenempfindungen diente, sondern sich auf gewisse gegenständliche Sinneseindrücke bezogen, scheint durch die Ergebnisse der etymologischen Forschung[1]) zum mindesten stark wahrscheinlich gemacht zu werden.

[1]) Man vgl. besonders O. Weise, „Die Farbenbezeichnungen der Indogermanen“, Beiträge zur Kunde der Indogermanischen Sprachen, herausgegeben von Bezzenberger, II. Bd., 1871; ferner Hugo Magnus, „Untersuchungen über den Farbensinn der Naturvölker“, Jena 1880. Eine gute, freilich ältere Literaturübersicht findet sich bei Hochacker, „Die gesichtliche Entwicklung des Farbensinnes“, Innsbruck 1884. Jedoch kann hier auf diese sprachwissenschaftlichen Untersuchungen ebensowenig eingegangen werden, wie auf die Ergebnisse der Tier- und Kinderpsychologie, die vielfach interessante Aufschlüsse für die hier interessierenden Fragen zu liefern versprechen, aber trotzdem mehr von sekundärer Bedeutung sind. Hinsichtlich der Frage nach der „Entwicklung der Farbenbezeichnungen beim Kinde“ s. besonders Preyer, „Die Seele des Kindes“, 4. Aufl., 1895, S. 6 und 7; vgl. auch Schmidt, „Die Sinneswahrnehmung der Kinder“, Ll. W. Jones, „Untersuchungen über die Reizschwelle für Farbensättigung bei Kindern“ und W. Kobelt, „Untersuchungen über die Farbenunterschiedsempfindlichkeit bei Schulkindern“, Pädagog.-Psychologische Arbeiten von Brahn, II. Bd., Leipzig 1911, 5. Bd., Heft I.

Aber die weitgehenden Schlussfolgerungen, die Wundt aus dieser an sich vielleicht richtigen Annahme zieht, müssen als unhaltbar abgelehnt werden. Mit den Ausdrücken rot, gelb, grün, blau pflegen — wenn es sich um eine genauere Charakterisierung bestimmter farbiger Objekte handelt — heute immer solche Farbtöne bezeichnet zu werden, die als mehr oder weniger „reine" Töne imponieren. Dass sie als „reine" Töne (z. B. als reines, weder grünliches noch rötliches Gelb) empfunden werden, soll nun, wie oben angeführt, darauf beruhen, dass gerade für diese Farbtöne bestimmte Farbennamen ausgebildet worden sind. Nun dürften aber in der Natur solche farbigen Sinneseindrücke, die etwa den „reinen" Farben entsprächen, sehr selten beobachtet werden. Keinesfalls kann ihnen eine besonders grosse „extensive Verbreitung" zugeschrieben werden. Weder im herbstlichen Gelb der Vegetation (das entweder grünlich- oder rötlichgelb gefärbt ist), noch im graugelben Wüstensande, noch in dem Licht der Sterne kann jener gelbe Farbton angetroffen werden, der heute als ein reines Gelb[1]) angesprochen wird. Auch im Vegetationsgrün dürften die rein grünen[2]) Töne gegenüber den gelbgrünen stark zurücktreten[3]). Wenn nun in den Sinneseindrücken, die nach Wundt durch „extensive Verbreitung" die Veranlassung zur Entstehung der vier Hauptfarbenbezeichnungen gegeben haben sollen, gerade die „reinen" Farbtöne, die heute als Hauptträger dieser Farbennamen bevorzugt werden, recht dürftig vertreten sind, so ist schwer einzusehen, wodurch diese Verknüpfung zwischen Hauptfarben*bezeichnung* und Hauptfarben*empfindung* zustande kommen soll, wenn nicht in diesen Empfindungen selbst irgend ein qualitatives Etwas versteckt liegt, das sie im allgemeinen Sprachgebrauch, wie besonders bei der phänomenologischen Analyse eine solche bevorzugte Rolle spielen lässt.

Andere Einwände erwachsen der Wundtschen Lehre aus der psychologischen Empfindungsanalyse selbst. So muss im Einklang mit der übergrossen Mehrzahl moderner Psychologen der Wundtschen Behauptung, dass die Hauptfarben in unserer unmittelbaren Empfindung keinen von den Uebergangsfarben spezifisch verschiedenen Charakter besässen, aufs schärfste widersprochen werden (man vgl. auch Hoffmann, „Untersuchungen über den Empfindungsbegriff", A. f. Ps., Bd. 26, 1913, S. 45 ff.).

Ein einziger Versuch dürfte die Wundtsche Ansicht restlos widerlegen: Wenn man die Urfarben bestimmen lassen will, kann man der V.P. immer die Instruktion erteilen, dasjenige Rot zu suchen, das weder gelb noch blau gefärbt erscheint. Schon diese Tatsache, dass eine solche Instruktion

[1]) Etwa als Zitronengelb, das aber in der Natur selbst bei Blütenpflanzen recht spärlich vertreten ist.

[2]) Man beachte ähnliche Ausführungen von G. E. Müller, Psychophysik S. 71 ff., besonders S. 73.

[3]) Nur das Blau des Himmels und allenfalls das Rot des Blutes mag dem entsprechen, was heute als reines Blau bzw. reines Rot bezeichnet wird.

möglich ist, von jeder V.P. verstanden und mit einer relativ grossen Sicherheit ausgeführt werden kann, widerspricht der Wundtschen Anschauung. Nun versuche man für Orange eine entsprechende Instruktion zu formulieren. Sie müsste etwa lauten: „Bestimmen Sie dasjenige Orange, das weder rot noch gelb, oder (richtiger), das weder violett noch gelbgrün aussieht.“ Beides erscheint jedem gleich „sinnlos“. Dieser Umstand, dass eine solche Instruktion für die Urfarben möglich ist und verstanden und für Zwischenfarben als sinnlos empfunden wird, weisst mit aller Entschiedenheit auf „einen von den Uebergangsfarben spezifisch verschiedenen Charakter“ der Urfarben hin. Wenigstens für das gegenwärtige Stadium unseres Farbenempfindens muss mit Entschiedenheit an einer auf Grund der phänomenologischen Analyse deutlich erkennbaren exzeptionellen Stellung der Urfarben festgehalten werden. Ob diese allein durch den — im Verlauf der menschlichen Entwicklung sich geltend machenden — „suggestiven Einfluss“ (Wundt, a. a. O., S. 252, Anm. II) der Farbennamen erklärt werden kann, wie Wundt das annimmt, muss stark angezweifelt werden, da — wie oben (S. 97) gezeigt wurde — einige dieser sog. „reinen“ Farben, die als Träger der Hauptfarbenbezeichnungen zu gelten haben, durch ihre geringe extensive Verbreitung gar keinen Anlass zur Schöpfung eigener Farbenbezeichnungen gegeben haben können. Damit soll nicht jede Möglichkeit, die Sonderstellung der Urfarben irgendwie psychologisch-genetisch zu erklären, ausgeschaltet werden (vgl. dazu weiter unten S. 116); abgelehnt werden muss nur die besondere Ansicht von Wundt, dass den angeblich durch „extensive Verbreitung“ bzw. „intensiven Gefühlswert“ bedingten sprachlichen Neuschöpfungen von Farbennamen eine allein ausschlaggebende Rolle zuzuschreiben ist.

Die Annahme, dass sich die Urfarben (über die noch unsichere Stellung des Urgrün siehe weiter unten S. 103) hinsichtlich ihrer phänomenologischen Wirkungen irgendwie von den übrigen Farbtönen unterscheiden, dürfte sich also als unabweisbar herausstellen. Nur darüber gehen, wie oben gezeigt wurde, die Ansichten noch weit auseinander, wie die Art dieser Sonderstellung irgendwie zu charakterisieren sei. Die verschiedenen, oben skizzierten Anschauungsweisen sollen nun einzeln einer Kritik unterzogen werden. Der besonders von Ebbinghaus vertretene Standpunkt, dass die scheinbare Zusammensetzung der Zwischenfarben sich nur auf die Erfahrung der technischen Herstellungsmöglichkeit dieser Zwischenfarben aus ihren Komponenten stützt, dass also die Auffassung der Zwischentöne als Mischfarben nicht auf einem ursprünglichen Empfinden beruhe, sondern „einen Nachklang anderswo erworbenen Wissens“ darstelle, muss abgelehnt werden. Denn die Kenntnis von der technischen Mischung der Malerfarben ist nur bei denjenigen verbreitet, die in der Schule oder sonstwo irgendwelche Erfahrungen auf diesem Gebiete gemacht haben. Fordert man jemanden, der über keinerlei Erfahrung auf dem Gebiete der technischen Pigmentmischung verfügt, der also beispielsweise aus der Erfahrung nicht weiss, dass Orange

„durch Mischung roter und gelber Pigmente dargestellt werden kann" (vgl. Ebbinghaus, oben S. 92), auf, den Farbton eines orangegefärbten Pigmentes irgendwie zu bezeichnen, wird man immer die Antwort erhalten: „Es ist rötlich," oder, „es ist gelblich," oft auch, „es ist gelblich rot"[1]).

Ungleich einleuchtender scheint zunächst die Annahme zu sein, dass die Stellung der Zwischenfarben zwischen zwei Urfarben durch eine beiderseitige Aehnlichkeit charakterisiert sei. Wenn man also beispielsweise im Orange gleichzeitig das Rot und Gelb zu erkennen glaubt, so beruhe das darauf, dass Orange gleichzeitig dem Rot und dem Gelb „ähnlich" sei bzw. an beides erinnere". Nun war aber schon oben (s. S. 93) darauf hingewiesen worden, dass ja auch bei den Urfarben, z. B. beim Rot, diese beiderseitige Aehnlichkeit existiere, dass also daraus keine Sonderstellung der Urfarben konstruiert werden könne.

G. E. Müller (s. oben S. 94) glaubt daher den Unterschied zwischen Ur- und Zwischenfarben dadurch verdeutlichen zu können, dass immer ganze Qualitätenreihen" betrachtet werden müssten und dass dann an den Stellen der Urfarben ein sog. Richtungswechsel der Aehnlichkeit beobachtet werden könne. Dieser Auffassung gegenüber wäre zunächst zu erwähnen, dass das ganze Verfahren, die Sonderstellung der Urfarben begrifflich zu fixieren, im Vergleich zu der Heringschen Behauptung, dass dieser Unterschied zwischen Ur- und Zwischenfarben unmittelbar evident sei, gleichsam sofort in die Augen springe, doch reichlich kompliziert erscheint. Es ist im Sinne des von G. E. Müller vertretenen strengen psychophysischen Parallelismus schwer einzusehen, warum die von ihm behauptete physiologische Sonderstellung bestimmter Farbtöne sich bei einer rein psychologischen Analyse nicht unmittelbar aufdrängt, sondern erst auf Grund einer mehr oder weniger gekünstelt anmutenden Beobachtungsmethodik zum Ausdruck kommen soll. Insbesondere wäre gegen die Darstellung Müllers geltend zu machen, dass die Formel „Richtungswechsel der Aehnlichkeit" kaum einen unmittelbaren Ausdruck des phänomenologischen Befundes darstellt, sondern höchstens eine mehr oder weniger geschickte Symbolisierung oder Verbildlichung des zwischen Ur- und Zwischenfarben sich bemerkbar machenden Unterschieds liefert. G. E. Müller muss, um den Begriff des Richtungswechsels bei einer bestimmten Urfarbe — beispielsweise Urrot — verwerten zu können, zunächst zwei sog. Qualitätenreihen (s. oben S. 94) verwenden, und zwar 1. die Reihe, die vom Urblau bis zum Urrot und 2. diejenige, die vom Urgelb bis zum Urrot führt. Aber selbst hiermit kommt er nicht aus. Wenn man

[1]) Der Terminus „Orange" ist im Gegensatz zu Violett sehr wenig verbreitet, besonders bei Frauen, die sonst über einen reichlichen Vorrat an differenzierten Farbenbezeichnungen, wie sie in der Kleiderbranche üblich sind (z. B. bleu, lila, mauve, bèche usw.), verfügen. Auch die übliche Bezeichnungsweise der Zwischenfarben zwischen gelb und grün als „Gelbgrün" und zwischen blau und grün als „Blaugrün" dürfte zu einer Zeit entstanden sein, wo Kenntnisse über die Ergebnisse der Pigmentmischung noch nicht vorlagen.

vom Urblau über Violett, Urrot, Orange weiterschreitend zum Urgelb gelangt, dann dürfte in der phänomenologischen Betrachtung dieser vom Urblau bis zum Urgelb reichenden Farblinie kaum ein Hinweiss auf irgend eine Krümmung dieser Linie enthalten sein. Erst wenn man vom Urgelb zum Urgrün weiterschreitend die dritte Qualitätenreihe durchläuft und dann die Stelle des Urgrün überschreitend in die vierte Qualitätenreihe bis zum ersten bläulichen Grün vordringt, bemerkt man — beim Weiterschreiten mit zunehmender Deutlichkeit —, dass die Farbtöne dem als Ausgangspunkt gewählten Urblau wieder ähnlicher zu werden beginnen, dass also die Farbtonreihe keine gerade Linie, sondern eine gekrümmte, in sich geschlossene Kurve darstellt. Wenn also G. E. Müller die Sonderstellung des Urrot durch einen „Richtungswechsel der Aehnlichkeit symbolisieren will, so hat das zur Voraussetzung, dass man das Ergebnis der phänomenologischen Analyse der gesamten Farbtonreihe bewusst oder unbewusst mitverwertet. Zusammenfassend wäre also festzustellen, dass die Formel G. E. Müllers („Richtungswechsel der Aehnlichkeit"), durch die er die Sonderstellung einer Urfarbe der Art nach bestimmen zu können glaubt, keinen adäquaten Ausdruck eines unmittelbar sich darbietenden phänomenologischen Befundes darstellt, und zwar deshalb nicht, weil 1. bestimmte, erst nach einer vollständigen Analyse der ganzen Farbtonlinie sich ergebende Erfahrungen über den Verlauf dieser Linie zunächst einmal vorliegen müssten, und weil 2. auch dann, wenn solche Erfahrungen gegeben sind, immer noch mit einem bildlichen symbolisierenden Ausdruck operiert werden muss, um die exzeptionelle Stellung der Urfarben zu charakterisieren.

Diese Feststellungen legen die Frage nahe, ob sich nicht doch eine Formel finden lässt, durch die die Art der spezifischen Differenzierung in besserer Anpassung an die unmittelbare psychologische Analyse zum Ausdruck gebracht werden könnte. Um einen Versuch dieser Art zu wagen, sei wiederum auf den Begriff der Aehnlichkeit zurückgegriffen. Wie bereits oben Seite 94 ausgeführt wurde, beruht die Stellung beispielsweise des Orange zwischen Gelb und Rot darauf, „dass Orange gleichzeitig dem Rot wie dem Gelb ähnlich ist bzw. an beides erinnert". Diese Aehnlichkeit ist eine unmittelbar phänomenologisch gegebene! Die besonders von Ebbinghaus vertretene Auffassung, dass hier ein durch die Erfahrung auf dem Gebiete der technischen Farbenmischung vermitteltes „Wissen" vorliege, musste abgelehnt werden. Aber zugleich war oben darauf hingewiesen worden, dass auch die Urfarben eine solche beiderseitige Aehnlichkeit aufweisen. Die zu entscheidende Frage ist nun folgende: Ist die Aehnlichkeit, die die Zwischentöne (beispielsweise Orange) mit den beiden benachbarten Urfarben (rot und gelb) aufweisen, von der gleichen Art wie die Aehnlichkeit, die eine Urfarbe (beispielsweise gelb) ihren benachbarten Zwischentönen (orange und gelbgrün) gegenüber besitzt? Zunächst sei die „Aehnlichkeit" des reinen Gelb zum Orange und

zum Zitrin[1]) einer möglichst eindringlichen Analyse (vgl. auch Abb. 15 unten S. 111) unterzogen. Diese unmittelbar phänomenologisch gegebene „Aehnlichkeit“ kommt beispielsweise dadurch zum Ausdruck, dass Personen, denen differenzierte Farbenbezeichnungen nicht geläufig sind, Orange oft als Gelb bezeichnen, während das in der Mitte zwischen Gelb und Grün stehende Gelbgrün zwar selten Gelb, aber doch oft „gelbes“ oder „gelbliches Grün“ genannt wird[2]). Nun ist Gelb und Orange und Zitrin durch eine grosse Reihe von (im Ostwaldschen Farbenatlas mindestens 15 mehr oder weniger unterscheidbaren) Zwischentönen verbunden, in denen die Aehnlichkeit des Gelb nach Orange bzw. „Zitrin“ hin sukzessiv abnimmt. Das „Merkmal der Gilbe“ scheint — um in der Heringschen Terminologie zu reden — nach orange und zitrin zu in immer geringerer Deutlichkeit aufzutreten, immer mehr und mehr abzunehmen, gleichsam a u s z u s t r a h l e n (vgl. H e r i n g, Grdz., Tafel I, obere Abb.!), bis es kurz vor dem Urrot und Urgrün völlig verschwindet.

Diese Art der Aehnlichkeit sei daher, um die Begriffe zu fixieren, als eine e m a n e n t e A e h n l i c h k e i t bezeichnet. Alle Urfarben (rot, gelb, blau; betr. des Urgrün s. unten S. 103) würden nun ihren Zwischenfarben gegenüber eine solche „emanente Aehnlichkeit“ aufweisen. Die Abnahme der „emanenten Aehnlichkeit“ des Gelb nach Orange und Zitrin zu scheint nun darauf zu beruhen, dass die „Gilbe“ gleichsam vermischt oder überlagert wird einerseits von Rot, andererseits von Grün. Der Abnahme der „emanenten Aehnlichkeit“ des Gelb geht also innerhalb des Orangeviertels eine Zunahme der emanenten Aehnlichkeit des Rot und innerhalb des Zitrinviertels eine Zunahme der emanenten Aehnlichkeit des Grün einigermassen parallel.

Zum Vergleich sei nun die Art der Aehnlichkeit, die zwischen Orange einerseits und den beiden benachbarten Urfarben andererseits besteht, genauer analysiert. Aehnlich wie bei Gelb kann man auch hier davon sprechen, dass die Aehnlichkeit mit Orange nach beiden Seiten, sowohl nach dem Rot wie nach dem Gelb hin sukzessiv abnimmt. Das Merkmal der Orangigkeit (sit venia verbo) scheint immer mehr und mehr abzunehmen. Orange erscheint ebenso

---

[1]) Das in der Mitte zwischen Gelb und Grün gelegene Gelbgrün sei, um die bei einer voraussetzungslosen phänomenologischen Analyse ausserordentlich störenden Doppelbezeichnung (s t ö r e n d, weil sie immer schon eine Zusammengesetztheit der Zwischenfarben involvieren) zu vermeiden, als „Z i t r i n“ und ebenso das in der Mitte zwischen Blau und Grün gelegenen Blaugrün als „O l i v i n“ bezeichnet. Die beiden Ausdrücke stammen aus K ö r n e r - R i c h t e r, „Lehrbuch der Physik“, Leipzig 1900, S. 234, wo sie allerdings eine etwas andere Bedeutung haben. Es besteht nicht die Absicht, mit den Ausdrücken „Olivin“ und „Zitrin“ neue überflüssige Termini einzuführen. Sie werden, sobald sie ihre Rolle bei der phänomenologischen Analyse ausgespielt haben, wieder aus der Darstellung verschwinden.

[2]) Es ist darauf hinzuweisen, dass die Farbenbezeichnung Grün auch diejenigen Farbtöne umfasst, wo ein deutliches U e b e r w i e g e n des Gelb, manchmal das Grün überhaupt nur noch in Spuren festzustellen ist, während orangefarbige Töne, in denen Gelb stark überwiegt (etwa ein Eigelb) s e h r s e l t e n Orange und nie Rot genannt zu werden pflegen.

wie Violett von einer recht starken Eigenart und Eindringlichkeit. Es imponiert ebenso wie Violett — wie schon die Schaffung einer eigenen Farbenbezeichnung beweist — durchaus als eine eigenartige, charaktervolle Farbe von prägnanter ästhetischer Wirkung. Es ist bemerkenswert, dass Aehnliches vom „Zitrin“ und vom „Olivin“ nicht gilt. Auch die sog. D-Versuche (s. weiter unten S. 122) beweisen, dass Orange und Violett im Vorstellungsleben einen durchaus eigenartigen Charakter als farbige Qualitäten besitzen, während Olivin und Zitrin keine solche bevorzugte Rolle spielen. Trotzdem ergeben sich bedeutsame Unterschiede. Der „Ausstrahlungsbereich“ dieser emanenten Aehnlichkeit des Orange ist um die Hälfte geringer als bei den Urfarben! Eine Aehnlichkeit mit Orange lässt sich höchstens bis zum Urrot und Urgelb verfolgen, aber nie darüber hinaus! Ein reines oder bläulich gefärbtes Rot kann nie als irgendwie orangehaltig gedeutet werden. Der Ausstrahlungsbereich der „emanenten Aehnlichkeit“ umfasst also beim Orange nur annähernd ein Viertel, beim Gelb dagegen annähernd die Hälfte der Farbenkreisperipherie!

Dazu kommt ein weiterer Unterschied! Wenn auch die qualitative Eigenart der orange und violetten Farbtöne so stark ist, dass man auf Grund dieser phänomenologischen Hervorhebung unbedenklich von einem Ausstrahlen einer „Orangigkeit“ bzw. „Violettlichkeit“ in dem gleichen Sinne wie von „Gilbe“ und „Röte“ sprechen darf, so scheint man doch mit dieser Symbolisierung ein mehr sekundäres Moment der Aehnlichkeit des Orange (bzw. Violett) zu seinen benachbarten Urfarben bestimmt zu haben. Bei den Zwischenfarben Zitrin und Olivin (siehe oben) fehlt ausserdem diese Art von Aehnlichkeit fast ganz. Die beiderseitige Aehnlichkeit des Orange und des Violett und ganz besonders von Zitrin und Olivin zu ihren beiden benachbarten Urfarben lässt sich — ähnlich wie bei Hering — in einem der phänomenologischen Betrachtung weit ansprechenderem Sinne so deuten, als ob man beispielsweise im Orange gleichzeitig an Rot und Gelb erinnert würde, oder besser, als ob das Orange beide Merkmale der Röte und Gilbe gleichsam in sich selbst hineinzieht und in sich vereinigt. Diese Art der Aehnlichkeit sei daher (im Gegensatz zu der „emanenten“) als „immanente Aehnlichkeit“ gekennzeichnet. Die Brauchbarkeit dieses Terminus wird sofort ersichtlich, wenn man sich überlegt, dass diese sog. „immanente Aehnlichkeit“ dem Urrot, Urgelb und Urblau (über das Urgrün s. w. unten S. 103) fehlt. Man kann zwar sagen, dass das Urgelb an Orange und Zitrin erinnert, dass es beiden ähnlich sei (eben auf Grund der sog. „emanenten Aehnlichkeit“!). Aber man kann wirklich nicht behaupten, dass das Gelb die Merkmale des Orange oder des Zitrin in sich hineinziehe, dass es „beide in sich vereinige“ oder „dass es beide in sich enthalte“. — und zwar auch dann nicht, wenn man sich die Tatsache vor Augen hält, dass Gelb durch Mischung aus Orange und Zitrin etwa am Farbenkreisel hergestellt werden kann!

Mit Hilfe der beiden neuen Begriffe, der „emanenten" und „immanenten" Aehnlichkeit, lässt sich also der Unterschied zwischen Ur- und Zwischenfarben in folgender Weise formulieren: Den Urfarben kommt nur eine „emanente" Aehnlichkeit zu. Diese emanente Aehnlichkeit ist zwar auch bei einigen Zwischenfarben, besonders beim Orange und Violett, in gewisser Hinsicht vorhanden, fehl dagegen völlig beim Zitrin und Olivin[1]). Dafür tritt bei den Zwischenfarben eine „immanente" Aehnlichkeit auf, die bei den Urfarben (rot, gelb, blau) vollständig fehlt. Die Urfarben liessen sich dann weiterhin als „Ausstrahlpunkte" charakterisieren, von denen aus eine „Ausstrahlung" nach beiden Seiten sich bemerkbar macht. Auch diese Formulierung stellt natürlich nur eine „Symbolisierung" des Unterschiedes dar, der auf Grund einer psychologischen Betrachtung des Farbzirkels sich bemerkbar macht. Ihr Vorzug dürfte aber darin bestehen, dass sie sich dem phänomenologisch ohne weiteres gegebenen, begrifflich aber schwer zu fassenden Beobachtungsbefund unmittelbarer anzupassen scheint als die G. E. Müllersche Formel. Die praktische Verwertbarkeit und Brauchbarkeit dieser neu formulierten Begriffe wird sich besonders dort herausstellen, wo es sich darum handelt, neue Fragen und Problemstellungen schärfer zu präzisieren.

Das Problem des phänomenalen Grün. Wie bereits mehrfach ausgeführt, wird von fast allen modernen Forschern an der phänomenalen Einfachheit der Empfindung „Grün" festgehalten. Nur Brentano (s. oben S. 94) nimmt auch in dieser Hinsicht eine exzeptionelle Stellung ein und vertritt den alten Goetheschen Standpunkt, dass Grün dem Violett und Orange und nicht dem Blau, Rot und Gelb entsprechen soll. Im folgenden sei der hieran anschliessende Komplex von Fragen als „das Problem des phänomenalen Grün" bezeichnet. Brentano stellt in seinen „Untersuchungen zur Sinnespsychologie" (S. 9 ff., S. 131 ff.) die Gründe, die für eine Zusammensetzung, den Gründen, die dagegen sprechen, gegenüber. Im folgenden seien die ersteren mit lateinischen, die anderen mit den entsprechenden griechischen Buchstaben bezeichnet. Dabei wird sich ein Zurückgreifen auf gewisse (im vorigen Kapitel schon behandelte) physiologische Erscheinungen nicht vermeiden lassen.

a) „Im Grün ist von Blau und Gelb nichts zu bemerken. Dagegen erkennen wir im Violett Blau und Rot und im Orange Gelb und Rot." Auch die Maler bemerken die Zusammensetzung des Grün aus Blau und Gelb nicht. Sie bilden sich dies nur ein, nachdem sie, blaue und gelbe Pigmente mischend, zu einem grünen Pigment gelangt sind (Brentano, a. a. O., S. 131; vgl. dazu die Feststellung von Helmholtz, dass hierbei lediglich Subtraktions- und keine Additionserscheinungen vorliegen, s. oben S. 11).

[1]) Ausserdem ist der Ausstrahlungsbereich der emanenten Aehnlichkeit bei den Urfarben einerseits und bei den Zwischenfarben andererseits verschieden gross!

α) Hierzu bemerkt Brentano (a. a. O., S. 153): „Vor allem muss ich mit den Künstlern sagen, ich sehe und bemerke deutlich in dem Grün sowohl das Blau wie das Gelb und erkenne daraufhin, dass, wer vom Gelb zum Blau durch Grün übergeht, wie in gerader Linie fortschreitet..." „Auch erkenne ich weiter, dass darum Grün, was die Helligkeit und was die sog. Wärme oder Kälte der Farben anlangt, zwischen Gelb und Blau in der Mitte steht, kälter als Gelb, wärmer als Blau, dunkler als Gelb, heller als Blau ist." „Der Maler mischt auch Schwarz und Gelb zu Grün. Es fällt ihm aber nicht ein, daraufhin das Grün für ein Schwarzgelb zu halten."

b) „Es ist unmöglich, aus blauem und gelbem Licht Grün zu mischen", es entsteht immer ein mehr oder weniger farbloses Gemisch.

β) „Wenn ich ein gelbes und blaues Licht mische, von denen jedes nicht den leisesten Stich ins Grüne zeigt, ja sogar der Vorsicht halber noch als etwas rötlich erkannt werden kann, wenn auch in sehr geringem Maße, so erhalte ich kein reines Grau oder gar ein Grau, das noch einen rötlichen Stich zeigt, sondern ein Grau, welches deutlich ins Grüne spielt." Nach der Ansicht Brentanos muss eine solche grünlich aussehende Mischung auch von Helmholtz und andern gefunden worden sein, da immer ein rötliches Blau mit einem reinen Gelb bzw. ein rötliches Gelb mit einem reinen Blau eine farblose Mischung liefert. Dazu käme noch der Umstand, dass auch das reine Blau bzw. das schwachrötliche Blau bei einer Verweisslichung (also auch bei der Mischung mit dem hellen Gelb) eine starke Tönung ins Rötliche annimmt (vgl. oben S. 78). In Wirklichkeit würde man also nicht reines Blau und reines Gelb, sondern Blau, Gelb und Rot miteinander mischen. Fällt dieser rote Teil fort, muss, wie die Versuche Brentanos angeblich zeigen, „offenbar der grüne Stich hervortreten". Brentano erwähnt dann weiter einen Versuch, der den Zweck hatte, festzustellen, welcher Grad der Sättigung sich erzielen lasse, wenn man Blau und Gelb nicht objektiv durch Mischung von Strahlen, sondern objektiv-subjektiv oder rein subjektiv (z. B. durch Mischung von einem im Kontrast aufgerufenen Blau mit einem im Kontrast aufgerufenen Gelb) verbinde" (a. a. O., S. 134). Er fand dann, ohne auf die Versuchsmethodik näher einzugehen, dass hierbei die „Verweisslichung minder gross, so dass das Grün als Komposition von Blau und Gelb hier noch mehr ersichtlich wurde" (a. a. O., S. 134; vgl. auch unten S. 105).

c) „Die Farben haben Nachbilder, und dies ist nur daraus zu begreifen, dass von ihnen, wie ein Teil auf Dissimilationen, ein anderer auf Assimilationen beruht." „Wo nun der eine dieser Prozesse einfach ist, muss auch der andere einfach sein." „Nun fordert Rot Grün und Grün Rot. Rot ist aber anerkannt einfach, also ist auch Grün einfach" (a. a. O., S. 132).

γ) Hiergegen wendet nun Brentano unter anderem ein, dass die Kontrastfarbe zu reinem Rot (bzw. zu reinem Gelb und reinem Blau) kein reines Grün, sondern ein deutlich bläulich gefärbtes Grün (bzw. rötliches Blau und rötliches Gelb) sei, dass also die unter c angeführte Voraussetzung nicht stimme und damit auch die Schlussfolgerung hinfällig wäre. Er entwickelt dann eine eigene Hypothese über den Verlauf der physiologischen Prozesse, auf die die Kontrasterscheinungen beruhen sollen. Auf diese rein hypothetischen Ausführungen kann jedoch hier — ebenso wie auf seine dem Gebiete der Farbenblindheit entnommenen Argumente — nicht näher eingegangen werden.

Ganz allgemein wäre bei einer Kritik der oben vorgetragenen Ansicht zunächst darauf hinzuweisen, dass sowohl die Argumente, die für, wie diejenigen, die gegen eine „Zusammensetzung" des Grün angeführt wurden, von sehr ungleicher Beweiskraft sein dürften. Von wirklich entscheidender Bedeutung für diese Frage würde nur die subjektive Analyse (siehe die kritischen Ausführungen weiter unten S. 112) werden können, wobei vorläufig dahingestellt bleiben mag, ob eine solche Entscheidung auf Grund einer phänomenologischen Betrachtung überhaupt sich erzwingen lässt. Die anderen Argumente, die mehr die physiologische bzw. psychologische Seite dieses Problems betreffen, sind bei der Unkenntnis der physiologischen Unterlage des Farbenempfindens vorläufig nur von untergeordneter Bedeutung. Wenn wirklich der Hinweis auf die Unmöglichkeit, gelbes und blaues Licht zu Grün zu mischen, durch die Feststellungen Brentanos seiner Beweiskraft beraubt wird, so wird damit den Gegnern Brentanos nur ein relativ nebensächliches Beweismittel entzogen, ohne dass für die Ansicht Brentanos allzuviel gewonnen wäre.

Mit dem ausdrücklichen Hinweis auf diesen Gesichtspunkt seien im folgenden einige Versuche mitgeteilt, in denen eine gewisse Bestätigung der Ansichten Brentanos erblickt werden kann. Den Anstoss zu diesen Versuchen gab die Bemerkung Brentanos, dass bei einer „Mischung von einem im Kontrast aufgerufenen Blau mit einem im Kontrast aufgerufenen Gelb" ein relativ wenig verweisslichtes Grün entstehe[1]) (vgl. auch oben S. 104).

Um die Ergebnisse Brentanos nachzuprüfen, wurde folgendes Verfahren eingeschlagen:

Es wurde zunächst eine sog. „Kontrastscheibe" (vgl. Abb. 244 in Wundts Grdz. 6, Bd. 2, S. 224) von der oben abgebildeten Form (s. Abb. 13) hergestellt. Die hier mit a bezeichneten Sektoren waren mit Herings Papier Nr. 4 — einem rötlichen Gelb — überklebt. Der Rest der Scheibe (b) blieb weiss. Die schraffiert gezeichneten Ringabschnitte d waren ausgeschnitten und an vier Stellen durch schwarze Papierstreifen (c) unterbrochen. Wurde diese Scheibe mit einer dahinter befestigten rein weissen Scheibe am Farbenkreisel in Rotation versetzt, traten die bereits oben (S. 49) behandelten Kontrasterscheinungen auf. An Stelle des Ringes d trat als Kontrastfarbe zu dem rötlichen Gelb der Scheibe ein etwas violett gefärbtes, deutliches Blau auf. Nun wurde hinter dieser Kontrastscheibe die rein weisse Scheibe mit einer rein gelben Scheibe (Herings Papier Nr. 5) derart kombiniert, dass das Sektorenverhältnis des Weiss zum Gelb am Marbeschen Rotationsapparat (siehe oben S. 19) beliebig variiert werden konnte. Diese drei Scheiben (1. Kontrast-

[1]) Brentano erwähnt ferner, dass „Versuche, die Prof. Dr. A. Marty an der deutschen Universität zu Prag anstellen liess", zu dem gleichen Ergebnis führten. Weder über die Versuchsmethodik Brentanos noch über die von Marty konnte hier Näheres in Erfahrung gebracht werden.

scheibe, dahinter die Kombination der weissen und gelben Scheibe) wurden nun zusammen am Marbeschen Apparat zur Rotation gebracht. Die durch Rotation des gelben und weissen Sektors erzeugte Mischfarbe trat also durch die durchbrochenen Stellen des Ringabschnittes d hindurch auf der Kontrastscheibe in Wirksamkeit und mischte sich mit dem durch Kontrast hervorgerufenen schwach violett gefärbten Blau des Ringes. Das Ergebnis war folgendes: War der Gelbsektor sehr klein (unter 40°), war die Färbung des Ringes zunächst schwach violett blau. Bei zunehmender, während der Rotation zu bewerkstelligender Vergrösserung des Gelbsektors wurde die Ringfarbe sukzessiv grünlichblau (von etwa 100° ab), grünblau und grün (um etwa 180°) und ging, wenn der weisse Sektor völlig zum Verschwinden gebracht wurde, in ein lebhaftes Gelbgrün über[1]). Dieses überraschende Ergebnis kann also so formuliert werden, dass bei der Mischung eines objektiven reinen Gelb mit einem subjektiven schwach violett[2]) gefärbten Kontrastblau ein deutliches Grün resultiert!

Nun könnten diese Resultate durch den Hinweis auf zwei Fehlerquellen beanstandet werden. Wie bereits oben (S. 104) erwähnt, liefert auch Schwarz und Gelb eine schmutzig grüngelb zu nennende Mischung. Der grüne Ton der Ringfarbe könnte also dadurch zustande kommen, dass die schwarzen Papierstreifen, die erforderlich sind, um der Kontrastfarbe des Ringes die gleiche Sättigung wie der Scheibenfarbe zu verschaffen (vgl. Wundt, Grdz. 6. II. Bd., S. 224 ff.), mit dem Gelb der unterlegten Scheibe sich zu Grün mischen. Allein diese Annahme, die in Anbetracht der lebhaften Grünfärbung des Ringes schon an sich wenig wahrscheinlich ist, wird dadurch restlos widerlegt, dass die grüne Ringfärbung auch dann auftritt, wenn statt der schwarzen Streifen weisse genommen wurden. Allerdings tritt dann die Grünfärbung des Ringes erklärlicherweise nicht ganz so deutlich[3]) auf, da ja die Kontrastfarbe infolge Wegfalls der schwarzen Streifen ebenfalls an Lebhaftigkeit einbüsst.

Eine zweite Fehlerquelle könnte darin erblickt werden, dass das Heringsche Gelb Nr. 5 an sich schon etwas grünlich gefärbt sei. Allein alle V.P., denen dieses Gelb vorgelegt wurde (man vergleiche das aufgeklebte Heringsche Gelb Nr. 5) behaupten übereinstimmend, in ihm keine Spur eines grünlichen Tones zu entdecken. Um nun jede Möglichkeit eines derartigen Fehlers auszuschalten, wurde an Stelle des Heringschen Gelb Nr. 5 ein der Zimmermannschen Farbserie entnommenes Gelb genommen, das schon einen deutlich rötlichen Ton zeigte und etwa in der Mitte zwischen der Nr. 4

[1]) Es sei hier ausdrücklichst darauf hingewiesen, dass die grünliche Färbung zwar — wie alle diese Kontrastphänomene — etwas matt, im übrigen aber völlig deutlich und von jedem Farbentüchtigen ohne jedes Zögern sofort als grün erkannt und bezeichnet wurde.

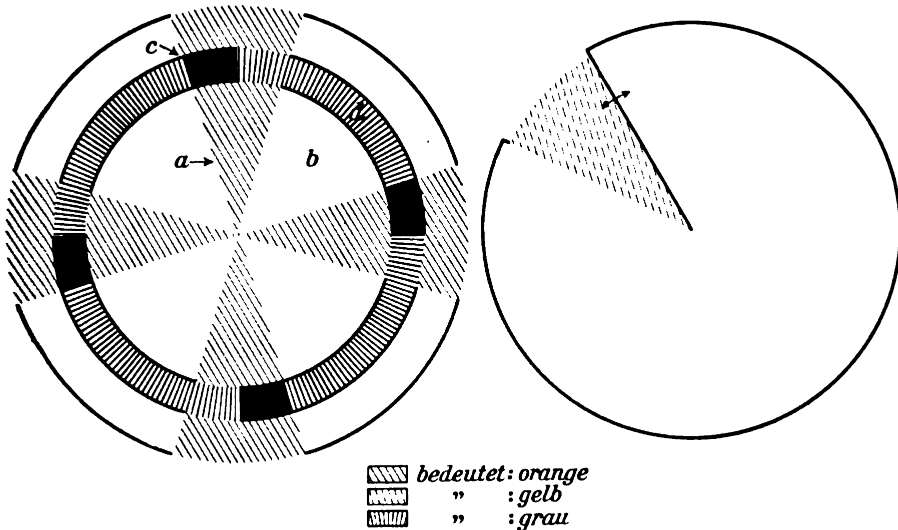
[2]) Auch der rötliche Ton der Kontrastfarbe wurde von jedem Beobachter ohne weiteres anerkannt!

[3]) Aber immer noch frappant genug, dass sie von jedem erkannt werden kann!

und 5 der Heringschen Farbserie einzuordnen ist. Auch hierbei trat die Grünfärbung, wenn auch jetzt in ziemlich geschwächtem Maße, aber immerhin noch deutlich erkennbar, auf[1]).

Aehnliche Ergebnisse erzielt man, wenn man vom Blau ausgeht, also als induzierende Farbe etwa ein Blau von der Nr. 13 (ein volles, ganz schwach ins Violette spielendes Blau) nimmt, das dann eine schwach rötlich gelb gefärbte Kontrastfarbe liefert und dieses subjektiv schwach rötliche Gelb in der oben geschilderten Weise mit einem Blau der Nr. 12 (einem reinen

Abb 13..



Blau) mischt. Da das Kontrastgelb nicht so deutlich (es ist stark mit grau vermischt) in die Erscheinung tritt, wie das Kontrastblau, ist auch die Grünfärbung des Ringes entsprechend schwächer.

Während bei diesen Versuchen subjektive und objektive Farben zur Mischung gelangten, wurden weitere Versuche darüber angestellt, ob die Angaben Brentanos, dass auch ein „subjektives" Gelb mit einem „subjektiven" Blau gemischt Grün ergibt, sich bestätigen lassen.

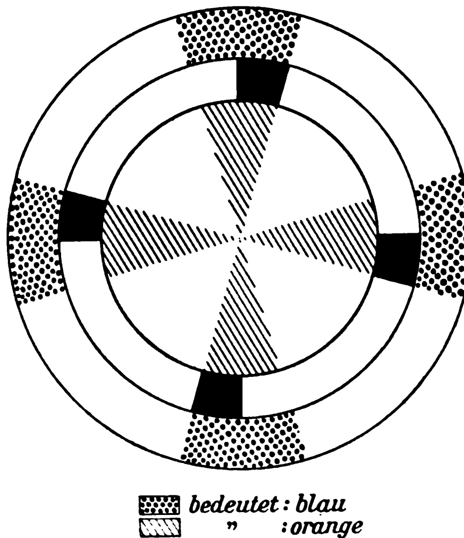
Die Abbildung 14 zeigt eine zu diesem Zwecke verfertigte Scheibe, bei der die benutzten Farben (Nr. 4 und Nr. 13 der Heringschen Serie) aufgeklebt sind. Zu erwarten war nach den Angaben Brentanos, dass das von Nr. 4 hervorgerufene, etwas violett getönte Kontrastblau mit dem durch Nr. 13 geforderten, etwas rötlich gefärbten Kontrastgelb sich miteinander zu

[1]) Erst wenn ein stark rötliches Gelb (Nr. 4 der Heringschen Farbserie) genommen wurde, resultierte ein grau zu nennendes Gemisch. Man hat also das Ergebnis, das ein objektives rötlich gefärbtes Gelb und ein subjektives schwach rötlich gefärbtes (Kontrast-) Blau bei der Mischung Grün liefern.

Grün mischen würden. In der Tat trat diese grüne Mischung auf, wenn auch lange nicht so frappant, wie bei der oben angegebenen Versuchsanordnung. Das Resultat war ein schmutzig grauer, bläulichgrün gefärbter Ring, der nach aussen von einem gelblichen und nach innen von einem bläulichen Randstreifen begrenzt war. Das Grün war immerhin deutlich zu erkennen.

Eine theoretische Deutung dieses Phänomens dürfte erst dann Erfolg versprechen, wenn weitere, möglichst quantitative Untersuchungen, die auch auf die übrigen Farbtöne der Farbkurve auszudehnen wären, darüber vorliegen[1]). Ob aus diesen Versuchsergebnissen weitergehende Schlüsse auf einen irgendwie „zusammengesetzten" Charakter des Grün gezogen werden dürfen, muss vorläufig (vgl. oben S. 105) stark angezweifelt werden.

Abb. 14.



bedeutet: blau
" : orange

Eine kritische Stellungnahme gegenüber den Ergebnissen der phänomenologischen Analyse (die, wie oben betont, allein als massgebende Instanz in der Streitfrage des phänomenalen Grün angesehen werden kann) wird dadurch erschwert, dass hier Behauptung gegen Behauptung steht und dass mit „Beweisen" einer rein deskriptiven psychologischen Betrachtung gegenüber nicht viel zu erreichen ist. Wenn **B r e n t a n o** feststellt, „ich sehe und bemerke deutlich in dem Grün sowohl das Blau wie das Gelb", so kann man zwar, wie das immer wieder geschehen ist, behaupten, dass **B r e n t a n o**, trotz seines Ableugnens, hierbei einem durch die Erfahrung der technischen Pigmentmischung bedingten Trugschluss verfallen sei, aber wirklich „wider-

[1]) Beachtung dürfte in diesem Zusammenhang jedenfalls die oben (S. 22) ausführlich besprochene Tatsache verdienen, dass alle Mischungsergebnisse in der Nähe des Grün einen hohen Grad von Verweisslichung aufweisen!

legt" hat man die Brentanosche Feststellung damit nicht! Immerhin lassen sich hier einige Anhaltspunkte anführen, die eine gewisse Aufklärung zu versprechen scheinen.

Mit Hilfe der neuformulierten Begriffe (s. oben S. 102) lässt sich zunächst die Frage nach dem phänomenologischen Verhalten des Grün wie folgt präzisieren: Weist das Grün gegenüber den benachbarten Farben, dem Gelb (bzw. Zitrin) und dem Blau (bzw. Olivin) nur eine emanente oder eine immanente Aehnlichkeit auf?

Im ersteren Falle wäre Grün als eine dem Urrot, Urblau und Urgelb gleichwertige Urfarbe, im zweiten Falle als eine dem Orange, Violett entsprechende Zwischenfarbe aufzufassen. Darüber dass beim Grün eine „emanente Aehnlichkeit" vorliegt, dürfte ein Zweifel wohl kaum entstehen. Vom Urgrün ab nimmt die Aehnlichkeit mit Grün nach beiden Seiten hin sukzessiv ab, das Merkmal der „Grünlichkeit" scheint bis zum Urgelb einerseits und bis zum Urblau andererseits auszustrahlen. Da aber eine solche emanente Aehnlichkeit auch ganz ausgesprochenen Mischfarben, wie dem Orange bzw. Violett zugesprochen werden muss, bietet diese Tatsache keinerlei Anhaltspunkte für eine Entscheidung dar. Von ausschlaggebender Bedeutung aber ist die zweite Frage, ob auch eine „immanente Aehnlichkeit" bei Grün zu konstatieren ist. Vom Urgelb war oben (S. 102) schon festgestellt worden, dass man unmöglich auf Grund einer phänomenologischen Betrachtung behaupten könne, dass das Urgelb die Merkmale des Orange oder des Zitrin „in sich hineinziehen", dass es „beide in sich vereinige oder in sich enthalte". Beim Urgelb existiert demnach keine immanente Aehnlichkeit. Wie steht es nun damit beim Urgrün? Kann man auch hier nicht sagen, dass das sog. Urgrün (man betrachte die Abb. 15) das Zitrin und Olivin „in sich hineinzieht", dass „es beide in sich vereinige oder in sich enthalte"? Die absolute Selbstverständlichkeit, mit der die entsprechende Frage beim Urgelb verneint zu werden pflegt, dürfte hier beim Urgrün zum mindesten einer gewissen Unsicherheit Platz machen.

Wenn man seine eigenen Bewusstseinsvorgänge, die durch eine solche Frage ausgelöst werden, genauer analysiert, wird man etwa feststellen können, dass zunächst eine gewisse Geneigtheit besteht, diese Frage — wenn auch zögernd — zu bejahen, dass dann aber sofort die Erwägung einsetzt, diese Bereitwilligkeit der Bejahung könnte auf einem durch die Erfahrung der technischen Mischungsmöglichkeiten rein grüner Pigmente aus Zitrin und Olivin vermittelten — Trugschluss beruhen. Das Resultat ist dann eine gewisse Unsicherheit in der Beantwortung dieser Frage. Erst wenn man fragt, ob man im Grün auch gleichzeitig Gelb und Blau erkennt (man beachte die Abb. 15), dürfte die Geneigtheit, auch diese Frage zu bejahen, sehr stark abnehmen. Aber trotzdem, die völlige Sicherheit, mit der man etwa behauptet, Gelb ist nicht aus Grün und Rot, oder Rot ist nicht aus Blau und Gelb,

oder Blau ist nicht aus Rot und Grün zusammengesetzt, wird hier beim Grün sicherlich nicht ganz erreicht!

Hierzu ist nun vorläufig noch folgendes festzustellen: 1. Bei den oben angeführten Versuchen zur Bestimmung der Urfarben bei verschiedenen Graden der Verweisslichung gab es einige V.P. (von siebenzehn vier), die in Uebereinstimmung mit Brentano mit aller Entschiedenheit und unaufgefordert behaupteten, im Grün immer Gelb und Blau gleichzeitig zu erkennen. Die Aufforderung, das Grün zu bestimmen, das ihnen weder gelblich noch bläulich erschien, empfanden sie als „sinnlos". Bemerkenswerterweise hatten sich diese vier V.P. früher mit Aquarell- und Oelmalerei beschäftigt. Ebenso eigentümlich war, dass diese V.P. nun trotz ihrer Behauptung die Lage des Urgrün genau so scharf bestimmen konnten wie die übrigen[1]. 2. Wenn Grün nicht als eine dem Rot, Blau und Gelb, sondern dem Orange und Violett gleichartige Farbe zu betrachten wäre, müsste dies auch in dem phänomenologischen Verhalten der zwischen Grün und Blau einerseits und der zwischen Grün und Gelb andererseits liegenden Zwischenfarben (dem Olivin und dem Zitrin) zum Ausdruck kommen. In diesem Falle müssten Olivin und Zitrin nicht als dem Orange bzw. Violett gleichwertige Zwischenfarben, sondern als Farben dritter Ordnung (gegenüber dem Orange und Violett als Farben zweiter Ordnung) erscheinen. Nun war in der Tat schon oben darauf hingewiesen worden, dass zwischen Violett und Orange einerseits, Zitrin und Olivin andererseits bedeutsame Unterschiede sich bemerkbar machen. Während Orange und Violett als prägnante Farben von starker Eindringlichkeit, von einigermassen selbständiger Farbenqualität imponieren, eine, wenn auch schwächliche emanente Aehnlichkeit aufweisen und sogar eine besondere Farbenbezeichnung erlangt haben, trifft alles dies für die Zwischenfarben Zitrin und Olivin nicht zu (vgl. hierzu auch weiter unten S. 124 Anm.).

Auch aus den im folgenden mitzuteilenden Versuchsreihen (die als E-Versuche gekennzeichnet seien) wird die untergeordnete Stellung des Zitrin und Olivin gegenüber dem Violett und dem Orange deutlich ersichtlich. Die Aufgabe dieser E-Versuche bestand darin, für die Zwischenfarben Orange, Violett, Zitrin und Olivin entsprechende Bestimmungen durchzuführen wie für die vier Urfarben. Bereits oben (S. 98) war erwähnt, dass bei diesen vier Zwischenfarben eine ähnliche Instruktion wie für die vier Urfarben völlig versagen musste. Es wurde deshalb den V.P. die Aufgabe gestellt, beispielsweise dasjenige Orange zu bestimmen, das gleichviel Rot und gleichviel Gelb in sich enthalte[2]. Die Ergebnisse dieser E-Versuche sind aus der graphischen

[1]) Hinzuweisen ist auch darauf, dass es auch bei der Bestimmung des Urrot manchmal vorkam, dass eine Versuchsperson in dem von ihr bestimmten Urrot gleichzeitig etwas bläuliches und etwas gelbliches festzustellen glaubte; vgl. auch eine ähnliche Beobachtung bei Westphal, a. a. O., S. 230.

[2]) Im übrigen war die Versuchsanordnung genau die gleiche wie für die Urfarbenbestimmung. Nur wurde besondere Sorgfalt darin verwandt, dass die V.P. nicht einfach die mittleren Farben zwischen zwei Urfarben herausgreifen konnte.

Darstellung in Abb. 17 (s. auch die entsprechende Erklärung zur Abb. 10) ersichtlich.

Auffällig sind die sehr geringen interindividuellen Schwankungen beim Orange und Violett, sehr viel grösser sind dagegen die interindividuellen Diffe-

Abb. 15.

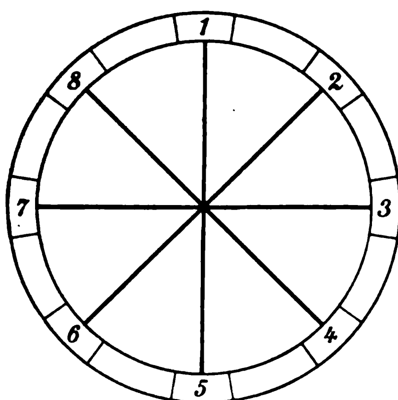
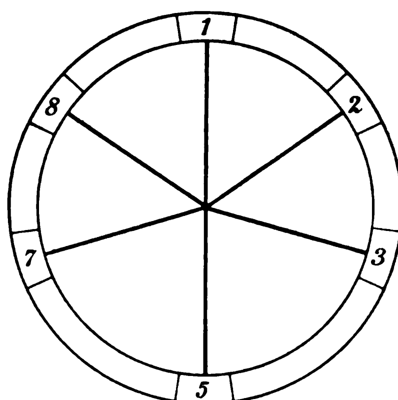
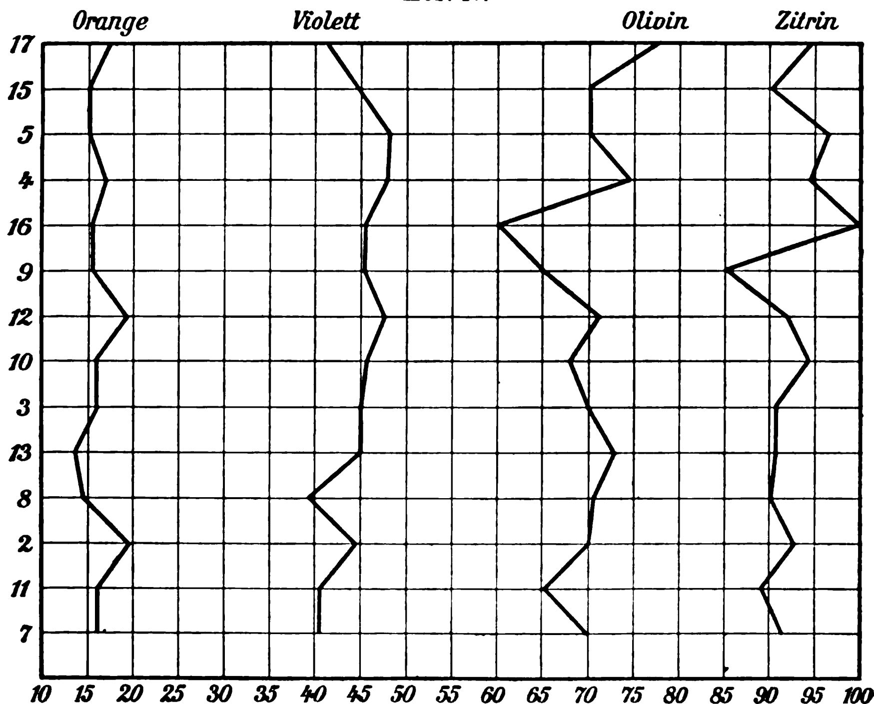


Abb. 16.



1 Rot 5 Grün
2 Orange 6 Blaugrün
3 Gelb 7 Blau
4 Gelbgrün 8 Violett

Abb. 17.



renzen bei Blaugrün und Gelbgrün[1]). Auch die intraindividuellen Schwankungen scheinen, soweit aus den wenigen bei der graphischen Darstellung nicht berücksichtigten Wiederholungsversuchen ersichtlich ist, für Blaugrün und Gelbgrün wesentlich grösser zu sein als für Violett und besonders Orange. Während die Ergebnisse dieser Versuche lediglich darauf hindeuten, dass die Unsicherheit der meisten Beobachter hinsichtlich der Bestimmung einer gewissen mittleren Zwischenfarbe beim Zitrin und Olivin beträchtlich grösser ist als beim Orange und Violett, weisen die später (s. unten S. 122) zu besprechenden D-Versuche auf die untergeordnete Stellung hin, die Zitrin und Olivin im Vorstellungsleben spielen. Bei diesen D-Versuchen handelt es sich darum, die „Vorstellungsgeläufigkeit“ und „Vorstellungskonstanz“ (s. unten S. 117) gewisser Farbtöne festzustellen. Wie aus der Abb. 20 hervorgeht, war bei vielen V.P. die Vorstellung eines Blaugrün bzw. Gelbgrün von bestimmtem Farbton überhaupt nicht zu erzwingen. Auch bei den übrigen V.P. zeigten sich ausserordentlich stark inter- und intraindividuelle Differenzen beim Blaugrün und Gelbgrün, während die Farbvorstellung vom Orange und Violett meist sofort auftrat und oft eine bemerkenswerte Konstanz aufwies.

Auch bei einer rein phänomenologischen Analyse der durch den Heringschen Farbkreis (s. Abb. 15) vermittelten Empfindungen dürfte sich diese untergeordnete Stellung des Zitrin und Olivin gegenüber dem Orange und Violett unmittelbar aufdrängen. Man versuche, sich von allen theoretischen Erwägungen frei zu machen und betrachte möglichst unbefangen den Farbenkreis der Abb. 15. Geht man vom Blau über Rot zum Gelb hinüber, so hat man sicherlich den Eindruck, als durchschreite man eine viel reichhaltigere und von charaktervolleren Farbqualitäten besetzte Farbenskala als beim Durchlaufen der unteren Hälfte des Farbenkreisels, besonders in der Strecke zwischen Zitrin, Urgrün, Olivin[2]). Im ersten Falle scheint unser farbiges Erleben gleichsam abwechslungsreicher und eindrucksvoller zu sein als in dem zweiten. Dieser Minderbetrag an farbiger Mannigfaltigkeit[3]), das geringere Ausmass an qualitativer Prägnanz, das für die dem Urgrün benachbarten Farben charakteristisch ist, drängt gleichsam dazu, die untere Grünhälfte ein-

[1]) Nicht berücksichtigt werden dürfen die ganz aus dem Rahmen herausfallenden Bestimmungswerte des bereits erwähnten grünanomalen Beobachters Nr. 16.

[2]) Auch Katz (Erscheinungsweise der Farben, Z. Ps. Erg., Bd. 7, S. 362) weist auf diese Unterschiede hin. Zu erwähnen ist aber auch das Ergebnis etymologischer Forschungen, dass bei Naturvölkern die Benennungen für Grün und Blau bzw. Grün und Gelb am meisten miteinander verwechselt werden (G. Magnus, a. a. O., S. 34, ebenso O. Weise, a. a. O., S. 273); vgl. auch die entsprechenden Resultate der kinderpsychologischen Forschung, nach denen Grün und Gelb dauernd miteinander verwechselt werden, weil der Unterschied zwischen Gelb und Grün nicht auffällig genug und daher eine Assoziationsstiftung zwischen Farbenwort und Farbe sehr schwer ist. H. Schmidt, „Die Sinneswahrnehmungen der Kinder“, Langensalza 1910.

[3]) Der Minderbetrag an farbiger „Mannigfaltigkeit“ hat an sich natürlich mit einer geringeren Farbtonunterschiedsempfindlichkeit nicht das mindeste zu tun, ebenso dürften Unterschiede der Sättigungsgrade kaum eine Rolle spielen.

zuengen und durch eine Vergrösserung der oberen Rothälfte diesen Unterschied zwischen beiden Farbkreishälften etwa auszugleichen. Man gelangt so durch eine Einknickung des Blaugelbdurchmessers nach unten von der Abbildung 15 zu der Abbildung 16 und damit zu einem Analogon des alten Goetheschen und Newtonschen Farbenkreises [1]. Man geht wohl in der Annahme nicht fehl, dass in diesen oben diskutierten phänomenologischen Unterschieden, die zwar nur mehr oder weniger umständlich zu umschreiben sind, aber trotzdem ohne weiteres auch dem Laien sich aufdrängen dürften, die inneren Motive zu suchen sind, die Leute mit ästhetisch fein ausgebildetem Farbenempfinden wie Goethe, Brentano und viele Maler an dem dreiteiligen Newtonschen Farbenzirkel, der auf eine harmonische Verteilung der Farben hinsichtlich ihrer farbigen Eindringlichkeit mehr Rücksicht nimmt als der Heringsche, festhalten lassen.

Wenn diese Ausführungen eine gewisse Annäherung an den Brentanoschen Standpunkt erkennen lassen, so dürfen doch andererseits die trennenden Momente nicht ausser acht gelassen werden. Wenn auch die Frage nach der immanenten Aehnlichkeit des Urgrün mit Zitrin und Olivin nicht mit Sicherheit entschieden werden kann (vgl. oben S. 109), so dürfte doch im Gegensatz zu Brentano die Frage nach der immanenten Aehnlichkeit des Grün mit Gelb und Blau von einer übergrossen Mehrheit von Personen mit einiger Entschiedenheit verneint werden. Wenn man feststellen kann, im Orange gleichzeitig etwas rötliches und gelbliches zu sehen, so kann man jedenfalls nicht mit der gleichen Sicherheit behaupten, im Grün etwas Blaues und Gelbes zu erblicken. Von einer völligen Gleichwertigkeit des Grün mit den Zwischenfarben Orange und Violett kann also sicherlich nicht gesprochen werden.

Man kann das Ergebnis dieser Ausführungen vielleicht dahin zusammenfassen, dass unter den vier Urfarben eine gewisse „Ungleichwertigkeit“ besteht, insofern, als das Urgrün nicht von der gleichen „Dignität“ (G. E. Müller, a. a. O., S. 59) wie Blau, Gelb und Rot erscheint und sich in seinem phänomenologischen Verhalten sowohl dem Orange wie dem Violett etwas annähert. Diese geringe „Dignität“ des Grün kommt dadurch zum Ausdruck, dass 1. eine immanente Aehnlichkeit des Grün mit seinen Nachbarfarben Zitrin und Olivin nicht ohne weiteres mit Sicherheit abgelehnt werden kann und 2. die dem Urgrün benachbarten Zwischenfarben Olivin und Zitrin dem Orange und Violett (als Farben zweiter Ordnung) gegenüber als Farbqualitäten dritter Ordnung imponieren. Andererseits muss aber wieder betont werden, dass das Grün, auch wenn es sich dem Orange und Violett in seinem phänomenologischen Verhalten etwas annähert, dennoch als eine selbständigere und prägnantere

[1] Es sei darauf hingewiesen, dass das Orange sowohl wie das Violett der Heringschen Farbenserie nicht ganz in der Mitte zwischen Gelb und Rot bzw. zwischen Blau und Rot zu stehen scheint. Eine Vermeidung dieses Fehlers würde das oben Gesagte noch schärfer hervortreten lassen.

Farbqualität angesprochen werden muss, was besonders dadurch zum Ausdruck kommt, dass es nicht oder nur äusserst schwer gelingt, in dem Grün eine aus Gelb und Blau (in ähnlicher Weise wie Orange) „zusammengesetzte“ Farbe zu sehen. Auf die Möglichkeit einer theoretischen Deutung dieser Verhältnisse ist später (S. 118) einzugehen.

Mit diesen Ausführungen sei der Versuch, das „Problem des phänomenalen Grün“ einer Klärung zuzuführen, vorläufig abgeschlossen. Es muss nun zurückgegriffen werden auf die unmittelbar vorhergehenden Untersuchungen, in denen die Anschauung vertreten wurde, dass zwischen den Urfarben einerseits und den Zwischenfarben andererseits irgend ein Unterschied hinsichtlich ihrer phänomenologischen Wirksamkeit besteht. Es war auch versucht worden, diesen Unterschied mit Hilfe zweier neuer Begriffe der „immanenten“ und „emanenten“ Aehnlichkeit in möglichst enger Anpassung an den unmittelbar gegebenen phänomenologischen Befund zu umschreiben und zu verdeutlichen. Auch im weiteren Verlauf dieser Ausführungen musste eine Terminologie benutzt werden, der vorderhand nur eine umschreibende und symbolisierende Bedeutung zuzuschreiben ist. Es erhebt sich nun die Frage, ob sich dieser — wie hier angenommen wird — tatsächlich vorhandene und erkennbare Unterschied zwischen Ur- und Zwischenfarben nur mehr oder weniger symbolisch fixieren lässt, oder ob es nicht doch gelingt, das Wesentliche dieser unterschiedlichen phänomenologischen Wirkungsweise der Ur- und Zwischenfarben unmittelbar zu erfassen. Wie bereits oben (S. 94) ausgeführt wurde, ist von Brentano der Versuch gemacht worden, die Urfarben (rot, gelb und blau) als einfache, die Zwischenfarben dagegen als zusammengesetzte Empfindungen zu deuten[1]). Eine bei weitem überwiegende Anzahl moderner Psychologen steht dagegen (s. oben S. 92) einer Annahme „zusammengesetzter“ Farbenempfindungen schroff ablehnend gegenüber. Immer wieder wird darauf hingewiesen, dass man aus dem Orange nicht gleichzeitig Gelb und Rot heraussehen kann, wie man beispielsweise aus einem c-e-Akkord[2]) gleichzeitig den Ton e und c heraushört. Man wird dieser Auffassung recht und Brentano (der ein völlig analoges Verhalten bei einer Mischfarbe und einem Akkord behauptet) unrecht geben können, ohne damit die Frage selbst entschieden zu haben. In dem Sinne, wie man einen Akkord als „zusammengesetzt“ bezeichnet, da man aus ihm die einzelnen Komponenten „herausanalysieren“ (Titchener, a. a. O., S. 101) kann, wird man freilich von einer Mischfarbe nicht behaupten können, dass sie zusammengesetzt sei[3]). Aber es darf hier doch vielleicht die prinzipielle

[1]) Vgl. seine Theorie der „multiplen Qualität“ oben S. 95.

[2]) Dem Typus einer „zusammengesetzten“ Empfindung, vgl. Stumpf, Tonpsychologie, Bd. II, S. 16.

[3]) Man vgl. Stumpf, Tonpsychologie, Bd. II, S. 80, Anm.: „Aber so viel scheint mir im voraus, dass Elementarfarben, wenn dieser Begriff überhaupt haltbar ist, nicht in demselben Sinne in der Mischung gesehen werden, wie Töne im Klang gehört werden.“ Siehe ähnliche Ausführungen bei Meinong, a. a. O., S. 22 ff.

Frage angedeutet werden, ob es empfehlenswert ist, mit derart weitgehenden Analogien zu arbeiten und eine „Zusammensetzung“ der Zwischenfarben nur deshalb zu leugnen, weil bei ihnen eine direkte „Herausanalysierung“ der Komponenten nicht in gleicher Weise möglich ist wie bei den Akkorden. Ebenso wie jedes Sinnesgebiet seine eigenen, nur ihm eigentümlichen Empfindungsqualitäten aufweist, steht zu erwarten, dass auch die „Eigenschaften“ dieser unterschiedlichen Empfindungsqualitäten von jeweils mehr oder weniger spezifischer Art sind. Ein genaues Analogon beispielsweise dessen zu finden, was auf akustischem Gebiete als Akkord bezeichnet wird, dürfte sich für die andern Sinnesgebiete als ziemlich aussichtslos erweisen. Auch der Begriff der „Aehnlichkeit“ hat auf jedem Sinnesgebiet einen anderen, besonders gefärbten Charakter und stützt sich auf jeweils spezifische „Aehnlichkeitsmomente“. So besteht zwischen zwei Geruchsqualitäten eine ganz andere Art der „Aehnlichkeit“ wie etwa zwischen zwei Schmerz- oder gar Farbqualitäten [1]).

Man wird demnach auch gewissen Eigenschaften (und zwar solchen, die nicht allen Empfindungen gemeinsame Attribute darstellen) der farbigen Sinnesqualitäten einen spezifischen, nur ihnen eigentümlichen Charakter zuerkennen müssen, der Analogien mit den auf andern Sinnesgebieten sich zeigenden qualitativen Eigentümlichkeiten nur in sehr beschränktem Maße zulässt. Insbesondere wird man solche Begriffe wie „emanente“ und „immanente“ Aehnlichkeit, mit denen gewisse qualitative Besonderheiten des farbigen Sehens begrifflich formuliert sind, immer als ein ausschliessliches Reservat der farbigen Sinnesempfindungen zu betrachten haben. Wenn man also die sog. Zwischenfarben als irgendwie „zusammengesetzt“ bezeichnet, so wird man zwar zugeben müssen, dass mit dem Terminus „zusammengesetzt“ hier eine ganz anders geartete phänomenale Eigentümlichkeit als beim akustischen Akkorde gekennzeichnet wird, ohne dass man deshalb jegliche Möglichkeit einer irgendwie anders zu deutenden „Zusammengesetztheit“ (man denke an den Brentanoschen Begriff der „multiplen Qualität“) zu leugnen braucht. Im Hinblick auf den „zusammengesetzten“ Charakter des Akkordes, der eine Zerlegung in Komponenten zulässt, wird man vielleicht an der „phänomenalen Einfachheit“ der Zwischenfarben, die keine derartige „Heraus-

---

[1]) Hinzuweisen wäre an dieser Stelle auch auf das Problematische, das in dem Begriff der „Aehnlichkeit“ versteckt liegt. Die Auffassung der „Aehnlichkeit“ als einer partiellen „Gleichheit“, wie sie noch von der Herbartschen Schule vertreten wurde, dürfte sich zum mindesten für die „Aehnlichkeit“ gewisser Sinnesqualitäten als unhaltbar erweisen. Eine Verwendung dieses Begriffs der „Aehnlichkeit“ bei den Farbenempfindungen würde immer schon eine „Zusammengesetztheit“ der Zwischenfarben involvieren. Aber ebenso wie Stumpf (vgl. Tonpsychologie II, S. 115) eine „Aehnlichkeit des Einfachen“ für Töne wahrscheinlich gemacht hat, dürfte auch für die Farbenempfindungen das Vorhandensein „einer einfachen Aehnlichkeit“ zum mindesten als möglich sich erweisen. Das vorliegende Problem könnte sich unter Verwendung der Stumpfschen Begriffe also auch durch die Frage ausdrücken lassen, ob die Aehnlichkeit der Zwischenfarben als eine „einfache“ Aehnlichkeit oder als „eine partielle Gleichheit“ zu bezeichnen ist.

analysierung“ der Komponenten als möglich erscheinen lassen, festhalten müssen, wird aber zugleich nicht vergessen dürfen, dass in dem phänomenologischen Verhalten der Zwischenfarben eine spezifische Eigentümlichkeit zum Ausdruck gelangt, die man trotz der zugegebenen phänomenologischen Einfachheit der Zwischenfarben mit gewissen — irgend eine nicht näher zu umschreibende „Zusammengesetztheit“ involvierenden — Begriffen zu symbolisieren gezwungen ist.

Die obigen Ausführungen weisen auf die grossen Schwierigkeiten hin, die das Problem der phänomenologischen Sonderstellung der Urfarben seiner Lösung entgegensetzt. Zwar scheint sich eine gewisse exzeptionelle Stellung der Urfarben in phänomenologischer Beziehung als unabweisbar herauszustellen, aber es will nicht gelingen, über eine mehr oder weniger eng an den phänomenologischen Befund sich anpassende Symbolisierung hinaus zu einem vollen Erfassen dieser spezifischen Differenzierung ihrer Art und ihrem Wesen nach vorzudringen. Eine Möglichkeit, um aus diesem wenig befriedigenden Stadium zu einem tieferen psychologisch-genetischen Verständnis der exzeptionellen Stellung der Urfarben zu gelangen, scheinen die Farbencharaktere R. H. Goldschmidts darzubieten. Bei den oben bereits kurz besprochenen Untersuchungen Goldschmidts (Exempl. subjektive optische Phänomene, abgekürzt E.S.O.P.) handelt es sich um gewisse Eigenlichterscheinungen, denen von den E.S.O.P.-Beobachtern neben andern Eigenschaften auch eine mehr oder weniger bestimmte „Färbung“ beigelegt wurde. Wenn auch die einzelnen Aussagen der zahlreichen Beobachter (über hundert) hinsichtlich der Farbtonbezeichnungen starke Differenzen aufwiesen, so liessen sich doch bemerkenswerte Eigentümlichkeiten feststellen. „Der einzelne E.S.O.P.-Beobachter pflegte... (auch in einer längeren durch mehrere Monate oder Jahre hindurch sich ziehenden Versuchsreihe) zur Bezeichnung der von ihm beobachteten E.S.O.P.-Färbungen nur eine sehr beschränkte Anzahl von Farbennamen zu gebrauchen“ (Goldschmidt, E.S.O.P., S. 355). Die Farben Purpur, Gelb und Blau mit Angabe ihrer verschiedenen Sättigungsgrade (z. B. blassblau, weiss, bläulich, blauschwarz usw.) scheinen dabei zu überwiegen (vgl. E.S.O.P., S. 355—57). Ferner zeigt sich, dass die an den E.S.O.P. zeitlich nacheinander oder gleichzeitig nebeneinander beobachteten Färbungen „entweder gleiche oder ausgesprochen verschiedene Farbtöne zu besitzen“ pflegen (E.S.O.P., S. 361). „In einem Spektrum würden die vom E.S.O.P.-Beobachter wahrgenommenen Farbtöne entweder weit auseinanderfallen wie Gelb, Blau und Rot, oder wenigstens annähernd die nämliche Lage besitzen wie Hellblau und Dunkelblau“ (E.S.O.P., S. 361). In diesen und anderen Ergebnissen sieht Goldschmidt einen Hinweis darauf, dass die E.S.O.P.-Beobachter mit ihren Farbenbezeichnungen „nicht einzelne genau bestimmte Farbtöne“, sondern „Farbcharaktere meinen“ (E.S.O.P., S. 362). Eine Begriffsbestimmung dessen, was unter Farbcharaktere zu verstehen ist, lässt sich vielleicht ge-

winnen aus der Annahme, dass Farbcharaktere und Helligkeitscharaktere[1]) in einer einander ähnlichen Weise aus der überhaupt existierenden langen Reihe von Farbtönen und von Helligkeitsgraden (aus Reihen, deren einzelne Glieder sich von Glied zu Glied nur geringfügig, wenigstens scheinbar nur quantitativ ändern) als qualitativ verschieden hervorträten, gleichsam als Repräsentanten für Gruppen jeweils derjenigen Glieder, die etwas qualitativ Gemeinsames haben" (E.S.O.P., S. 364). Ferner: „Farb- und Helligkeitscharaktere liessen sich... wohl in der Weise verstehen, dass für sie eine besonders hohe Auffassungsbereitschaft (s. dazu weiter unten) vorhanden ist, indem das allgemeine Qualitative einer Farbe oder Helligkeit durch sie repräsentiert wird" (E.S.O.P., S. 374). Diese Auffassung, dass die Farbcharaktere „als typische Repräsentanten" der „verschiednen Qualitäten der Farbenreihen zu gelten haben, erhält eine besondere Beleuchtung durch die Feststellung Goldschmidts, dass „sämtliche E.S.O.P.-Farben, so verschieden sie auch von verschiedenen Beobachtern bezeichnet werden mögen, jeweils der einen oder der anderen von Herings „Urfarben" völlig, oder wenigstens sehr annähernd zu gleichen pflegen" (Goldschmidt, E.S.O.P., S. 369, vgl. auch S. 56). Diese mit Hilfe einer „Vergleichsreizmethode" (s. oben S. 57) durchgeführten Bestimmungen der Farbtöne von Farbcharakteren scheinen also zu ergeben, dass eben die Heringschen Urfarben, d. h. die ausgesprochen „reinen Farben", die nur durch eine bunte Eigenschaft ausgezeichnet wären, als solche „repräsentative Farbtöne" anzusprechen sind (E.S.O.P., S. 368 ff.).

Hieraus ergeben sich nun theoretisch ausserordentlich wichtige Schlussfolgerungen, die vorläufig freilich noch rein hypothetisch zu werten sind und daher von Goldschmidt nur vorsichtig angedeutet wurden (vgl. E.S.O.P., S. 362, Anm. III). „... es darf den Farbcharakteren trotz ihres unter besonderen Umständen geringen Beachtetwerdens eine ganz allgemein grosse „Geläufigkeit" im Vorstellungsleben zugesprochen werden. Eine „Ontogenese dieser Farbcharaktere wäre etwa als ein Resultieren von Abstraktionsprodukten, entsprechend mannigfachen Analogien im Vorstellungsleben, als Herausbildung einer gewissen typischen Vorstellungsbereitschaft zu begreifen". Die hervorragende Bedeutung der Farbcharaktere, wie sie bei den Bedingungen der E.S.O.P.-Beobachtung — „etwa dank einem geringeren Grad der Aufmerksamkeit, die dem Aufzufassenden an sich zukäme" (E.S.O.P., S. 375) — ganz besonders stark hervortritt, wäre etwa so zu verstehen, als ob „bei einer Analyse von Sehvorgängen Assimilationen der einzelnen Wahrnehmungselemente jeweils an das ihnen verwandte gleichsam typische Abstraktionsprodukt" stattfänden.

[1]) Ueber die den Farbcharakteren entsprechenden Helligkeitscharaktere siehe E.S.O.P., S. 340 ff.

Die sog. Urfarben würden also — so liessen sich die oben angedeuteten Gedankengänge vielleicht weiter ausführen — bei der phänomenologischen Analyse nur deshalb eine solche exzeptionelle Stellung einnehmen, weil sie allmählich zu typischen Repräsentanten ganzer Qualitätenreihen geworden sind und dadurch eine gewisse „Geläufigkeit" im Vorstellungsleben erlangt haben. Da die Urfarben als Repräsentanten ganzer Qualitätenreihen zu gelten haben, ist es leicht verständlich, dass das durch sie repräsentierte „allgemein Qualitative" einer Reihe in ihnen am reinsten zum Ausdruck kommt, dass sie also als ausgesprochen „reine" Farben imponieren („emanente Aehnlichkeit")! So würde das Urrot etwa als typischer Repräsentant der Farbtöne zu deuten sein, denen eine gewisse „Röte" zugeschrieben wird, das Urgelb würde als ein typischer Repräsentant der „das Merkmal der Gilbe" enthaltenden Farben aufzufassen sein usw. Besteht diese Auffassung zu Recht, so wäre damit eine hinreichende Erklärung für die bei der phänomenologischen Betrachtung sich ergebenden Sonderstellung der Urfarben gewonnen. Eine solche Erklärung wäre im Hinblick auf die Tatsache, dass die exzeptionelle Stellung der Urfarben nur bei einer rein psychologischen Betrachtung der Farbenempfindungen, nicht aber hinsichtlich ihres physiologischen Verhaltens sich zeigt, um so wertvoller, weil sie sich lediglich auf psychologische Ursachen stützt.

Auch die untergeordnete Stellung, die das Urgrün gegenüber den andern Urfarben einnimmt, könnte jetzt begreiflich gemacht werden. Denn auch bei den E.S.O.P.-Beobachtungen tritt das Grün sehr stark zurück, es pflegt, wie Goldschmidt feststellt, „von verhältnismässig wohl nur sehr wenigen Beobachtern bemerkt zu werden" (E.S.O.P., S. 370, Anm. 1). Die Uebereinstimmung dieser Ergebnisse mit dem der phänomenologischen Analyse[1]) legt die Vermutung nahe, dass der „Assimilations"- und „Abstraktionsprozess", der zur Herausbildung einer gewissen „Auffassungsbereitschaft" und „Vorstellungsgeläufigkeit" führt, bei Urgrün noch nicht derart weit vorgeschritten ist wie bei den übrigen Urfarben. Die repräsentative Rolle, die das Urgrün als typisches Abstraktionsprodukt der irgendwie grün gefärbten Farbtöne spielt, wäre demnach weniger stark ausgebildet und weniger gefestigt als bei den übrigen Urfarben, deren Sonderstellung daher auch weit frappanter sich aufzudrängen pflegt.

Nun könnte freilich, wie Goldschmidt (E.S.O.P., S. 374, Anm. 2) andeutet, „auch gewissen einzelnen Farbtönen, sog. „Hauptfarben" — „etwa infolge von speziellen, sehr häufig sich wiederholenden Assoziationen" — „eine hervorragend grosse Geläufigkeit zukommen". Es wäre sogar die Möglichkeit in Betracht zu ziehen, dass „die Farbcharaktere die Bestimmtheit ihres Farbtones" und ihre Uebereinstimmung mit den Urfarben Herings etwa

---

[1]) Es sei hier ausdrücklichst darauf hingewiesen, dass beide Beobachtungsreihen völlig unabhängig voneinander gemacht wurden und dabei zu einem übereinstimmenden Ergebnis führten!

nur in den E.S.O.P. (oder etwa bei den speziellen Bedingungen einer phänomenologischen Analyse) zeigen, dass aber im Vorstellungsleben die Hauptfarben Wundts infolge ihrer hier grösseren „Geläufigkeit“ die Rolle der Urfarben übernehmen.

Diese theoretisch bedeutungsvolle Frage fordert zu dem Versuch heraus, durch eigene experimentelle Untersuchungen zu einer Klärung zu gelangen. Die Aufgabe dieser sog. A-Versuche wurde darin erblickt, festzustellen, ob für irgendwelche Farbtöne im Vorstellungsleben irgendeine besonders grosse „Geläufigkeit“ bzw. eine „gesteigerte Auffassungsbereitschaft“ sich beobachten lässt. Die Versuchsmethodik war sehr einfach. Mit Hilfe eines gewöhnlichen Falltachystoskopes wurde eine weisse Karte, auf der in grossen schwarzen Buchstaben als Reizwort ein bestimmter Farbenname (rot, gelb, grün oder blau) verzeichnet war, dem Auge der V.P. dargeboten. Die V.P. hatte die Aufgabe, die zunächst auftauchende Farbenvorstellung, die durch das Reizwort jeweils geweckt wurde, möglichst genau im Gedächtnis festzuhalten und dann etwa 10—15 Sekunden darauf den Farbton dieser Farbvorstellung durch Vergleich mit den in der Nähe ausgebreiteten Tafeln des Ostwaldschen Farbenatlas, von dem bei jedem Versuch nur die gerade in Betracht kommenden Farbtäfelchen aufgedeckt wurden, unter Angabe der entsprechenden Farbtonnummer des Atlas zu bestimmen.

Zunächst noch einige Vorbemerkungen zu diesem Versuch: Mitbestimmend für die Wahl eines solchen Vorgehens waren eigene Beobachtungen des Verfassers. Wenn beispielsweise irgendwann das Wort Rot gehört oder gelesen wurde — bei gleichzeitiger absoluter Abwesenheit irgendwelcher assoziativer Elemente —, so tauchte meist eine Farbvorstellung[1]) von ganz bestimmtem Farbton auf. Dieser Farbton scheint nun bei allen unter den gleichen Bedingungen wieder auftretenden assoziationslosen Farbvorstellungen seit Jahren von einer fast merkwürdig anmutenden Konstanz zu sein. Diese Farbtonkonstanz der assoziationslosen Farbenvorstellung „rot“ ist auch durch die vor anderthalb Jahren einsetzenden theoretischen Reflexionen über die hier vorliegenden Probleme fast unberührt geblieben. Eine Bestimmung dieses Farbtones, die sich auch heute noch an der Hand der Ostwaldschen Tafeln mit Leichtigkeit durchführen lässt, ergibt etwa die Nr. 25 der n-a-Reihe des Ostwaldschen Atlas. Aehnliches gilt für gelb, während für grün und besonders blau eine grössere Unsicherheit zu beobachten ist. Es lag nahe, zu untersuchen, ob diese Farbtonkonstanz gewisser abstrakter Farbvorstellungen, die mit einer gewissen „Vorstellungsbereitschaft“ im Goldschmidtschen Sinne als zusammenhängend zu denken wären, auch bei andern Individuen sich zeigt, und insbesondere, welche Farbtöne dabei in Frage kommen, wie gross die intra- und interindividuellen Schwankungen sind und dergleichen mehr.

[1]) Eine solche Farbvorstellung pflegt fast nur als „Farbe“ ohne jegliche lokalisierbare oder gegenständliche Bestimmtheit aufzutreten.

Bei den ersten Vorversuchen zeigte sich zunächst, dass die Aufgabe von den meisten V.P. ohne Zögern und meist mit überraschender Leichtigkeit[1]) ausgeführt werden konnte. Fast immer trat sofort eine mehr oder weniger bestimmte Farbvorstellung auf, deren Farbton gleichfalls ohne Zögern aus der dargebotenen Vergleichsreihe mit relativ grosser Sicherheit wieder erkannt wurde. Dass hierbei kaum irgendwelche mehr oder weniger beabsichtigte Simulationen stattfanden, ergab sich daraus, dass entsprechende Versuche (s. die sog. D-Versuche unten S. 122) beispielsweise mit blaugrün völlig versagten. Leider musste schon bei den ersten orientierenden Versuchen festgestellt werden, dass eine grosse Anzahl der V. P. keine Farbvorstellungen der Art, wie sie oben geschildert wurden, sondern gegenständliche farbige Erinnerungsbilder (bei Rot z. B. roter Apfel, rotes Blut usw., bei den weiblichen Personen rotes Kleid!) erhielt. Abstrakte assoziationslose Farbvorstellungen schienen nur bei einem Teil der V.P. aufzutreten. Immerhin wurden auch die Aussagen der übrigen, mehr visuell eingestellten V.P. mit berücksichtigt, da zu erwarten war, dass die Auswahl der farbigen Erinnerungsbilder trotzdem gewisse Schlüsse hinsichtlich der Frage, welche Farbvorstellung sich mit dem Worte rot am ehesten verbinden lässt, zulassen würde [2]). Bei Wiederholung der Versuche wurden natürlich die nötigen zeitlichen Abstände gelassen, damit die Mitwirkung der Gedächtnisfarbe möglichst ausgeschaltet wurde.

Die Resultate sind in der üblichen Weise wieder graphisch dargestellt worden. In Abbildung 18 geben die durch farbige Linien verbundenen Punkte die Farbtonbestimmungen der Farbvorstellungen, die schwarzen Linien die Punkte der Urfarbenbestimmungen an [3]). Unter dem schwarzen Querstrich (zwischen Nr. 7 und Nr. 10) sind die V.P. angeführt, bei denen eine mehr oder weniger abstrakte, gegenstandslose Farbvorstellung wenigstens für einige[4]) Farben auftrat. Die über dem Strich angeführten V.P. konnten dagegen nur Erinnerungsbilder an bestimmte farbige Gegenstände erlangen.

Zunächst seien die Resultate der unteren Hälfte einer näheren Betrach-

---

[1]) Die Tatsache ist um so bemerkenswerter, als alle diese Versuche mit völlig ungeübten Beobachtern angestellt werden mussten, da beispielsweise eine vorherige Bestimmung der Urfarben sämtliche V.P. für die obige Aufgabe unbrauchbar gemacht hätte.

[2]) Auch zeigt sich bei den Versuchen alsbald die Notwendigkeit, sämtliche farbigen Gegenstände aus dem Gesichtskreise der V.P. zu entfernen. Ein rotes Ziegeldach beispielsweise, das durch einen Schlitz des zugezogenen Vorhangs eben noch gesehen werden konnte, beeinflusste einige Versuchsresultate der ersten Vorversuche in ganz auffälliger Weise. Auch eine Prozession verdarb mit ihren lebhaften Farben eine Woche lang alle Ergebnisse!

[3]) Die betreffenden Punkte geben jedesmal das Ergebnis eines einzigen Versuches an. Die Resultate der eigenen Beobachtung, sowie die Ergebnisse von R. H. Goldschmidt sind hierbei mit Rücksicht auf die Möglichkeit einer theoretischen Voreingenommenheit nicht angeführt.

[4]) Die Farben, bei denen keine „abstrakten“ Vorstellungen auftraten, sind mit einem x bezeichnet.

tung unterzogen. Bei den meisten V.P. zeigte sich[1]) für rot, gelb und blau eine recht gute Uebereinstimmung mit den später bestimmten Urfarben. Nur bei grün zeigten sich stärkere Differenzen, insofern als der Farbton der Vorstellungsfarben mehr oder weniger stark nach dem gelbgrünen zu abweicht. Zum Vergleich hiermit sei die graphische Darstellung der Abb. 19 herangezogen, wo die Bestimmungen des Farbtones der farbigen Vorstellungen bei drei verschiedenen Versuchen aufgezeichnet sind (farbiger Strich = erster Versuch, schwarzer Strich = zweiter Versuch, punktierter schwarzer Strich = dritter Versuch).

Hierbei zeigt sich, dass teilweise bei Gelb und teilweise bei Rot von einer gewissen Farbtonkonstanz geredet werden kann, dass dagegen bei einigen V.P. für Blau und bei fast allen V.P. für Grün die interindividuellen Differenzen sehr beträchtlich sind. Instruktiv sind auch gewisse Aussagen der V.P., die teils[2]) unaufgefordert, teils auf vorsichtiges[3]) Befragen hin gemacht wurden. Einige Aussagen dieser Art seien hier wörtlich mitgeteilt:

V.P. Nr. 13: „Bei Rot denke ich immer an bestimmtes Rot, wohl an das richtigste." „Dieses Rot ist sehr konstant." „Jetzt gerade habe ich wieder dasselbe Rot vor Augen." „Bei Gelb ebenso."

V.P. Nr. 18: „Rot immer knallrot." „Auch früher habe ich mir immer eine bestimmte Farbe, die mir möglichst typisch erschien, vorgestellt." Ebenso „typisches Blau", „Eigelb"."

V.P. Nr. 9: „Wenn ich immer nur an das Wort Rot denke, denke ich immer an Weinrot. Unsicher bei Gelb, Grün und Blau."

V.P. Nr. 8: „Ich habe, wenn ich so ein Farbenwort höre, immer sofort die packendsten Farben vor Augen."

V. P. Nr. 7: „Ich denke niemals an bestimmte Gegenstände. Ich sehe immer die Farbe als diffuse Fläche." „Ich glaube, ich verbinde jedes Farbenwort mit bestimmter Nuance."

Betrachtet man die (über dem Strich stehenden, s. Abb. 18) Bestimmungsergebnisse der V.P., bei denen lediglich konkrete, mit gewissen farbigen Objekten verknüpfte Farbvorstellungen zu erzielen waren, zeigt sich, dass sowohl die inter- wie die intraindividuellen Schwankungen sehr beträchtlich sind. Das Bild ist so verworren, dass sich nur wenige Schlussfolgerungen daraus zu ergeben scheinen. Die auffälligste Tatsache ist wohl die, dass der

---

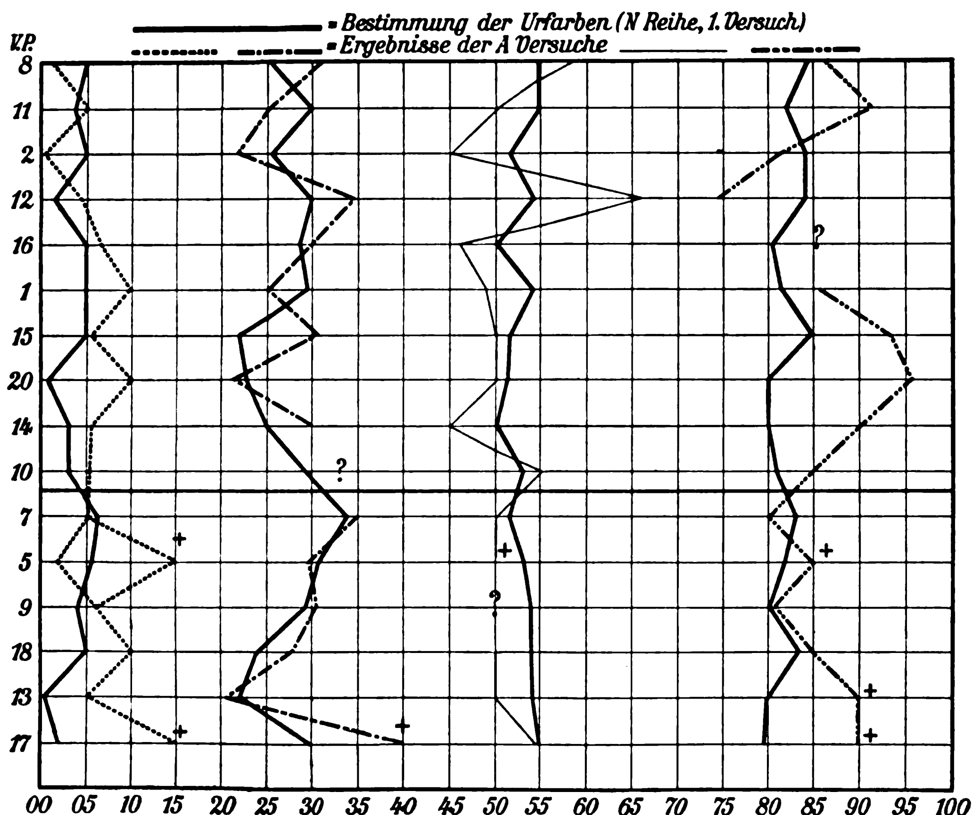
[1]) Ueber die stark abweichenden Ergebnisse der V.P. Nr. 17 für Rot s. weiter unten.

[2]) Man beachte auch die entsprechenden Ergebnisse der Selbstbeobachtung! Von Bedeutung ist auch die Tatsache, dass das Urgrün im farbigen Vorstellungsleben nicht die gleiche Rolle zu spielen scheint wie die übrigen Urfarben (vgl. hiermit die Ausführungen oben S. 103).

[3]) Eine besondere Vorsicht musste deshalb beobachtet werden, um nicht durch die Art der Fragestellung den V.P. eine bestimmte Antwort zu suggerieren.

Farbton fast aller „grünen“ Farbvorstellungen recht bedeutend von der Stelle der Urfarben nach der gelbgrünen Seite hin verschoben ist. Die abweichenden Werte der V.P. Nr. 2 und 12 sind dadurch zu erklären, dass einmal die grüne Signalscheibe der Eisenbahn und zum andern das Blaugrün der Jägeruniform sich aufdrängte. Von einigem Wert sind auch hier die weiteren Aussagen der V.P., aus denen, wie aus den obigen Ergebnissen hervorgeht, dass immer die

Abb. 18.



„markantesten“ und ihnen ästhetisch besonders reizvoll erscheinenden Farben am ehesten aufzutreten pflegen.

Anschliessend hieran wären noch kurz die sog. D-Versuche zu erwähnen, bei denen — bei sonst gleicher Versuchsmethodik wie bei den A-Versuchen — an Stelle von Rot, Grün, Blau und Gelb die Reizwörter Orange, Violett, Gelbgrün und Blaugrün dargeboten wurden. Die Abb. 20 gibt einen Ueberblick über die Ergebnisse dieser D-Versuche. Auffällig ist zunächst die interindividuelle Konstanz des Farbtones für Orange und Violett, während bei Gelbgrün und besonders bei Blaugrün sich ausserordentlich grosse inter-

Abb. 19.

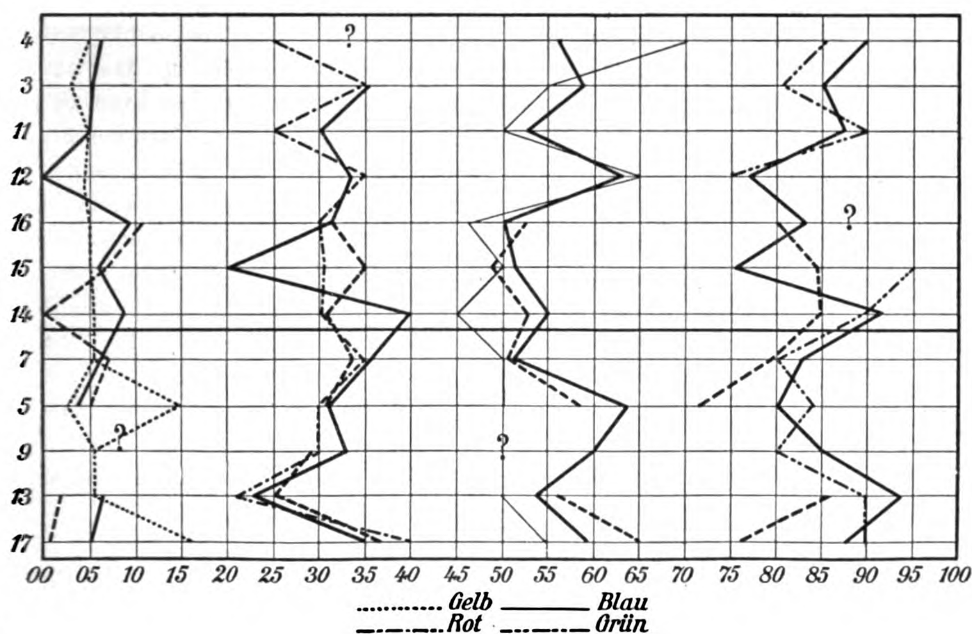
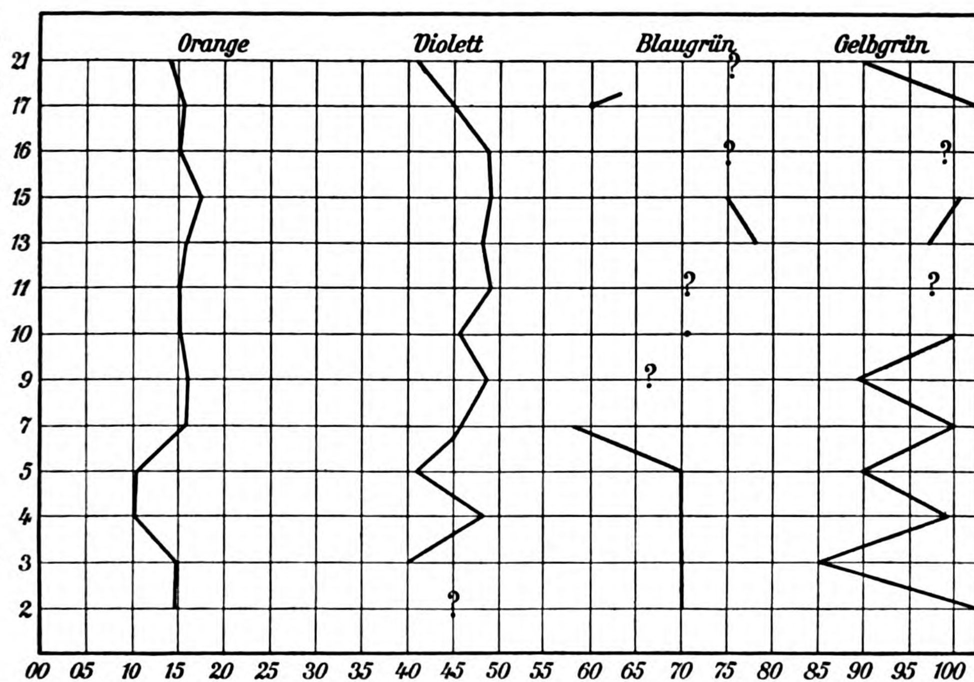

4
3
11
12
16
15
14
7
5
9
13
17
00 05 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100
Gelb
Blau
Rot
Grün

Abb. 20.


Orange
Violett
Blaugrün
Gelbgrün
21
17
16
15
13
11
10
9
7
5
4
3
2
00 05 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100

individuelle[1]) Schwankungen zeigen. In sehr vielen Fällen war besonders bei Blaugrün (s. die Fragezeichen der Abb. 20) eine farbige Vorstellung überhaupt nicht zu erzwingen. Die Farbtonkonstanz für Orange und Violett ist sogar grösser als die Urfarben. Jedoch dürfte dies darauf beruhen, dass der Bereich der Farbtöne, die man als Orange oder Violett ansprechen kann, erheblich kleiner ist, als der der rötlichen oder bläulichen Farben. Dazu kommt noch, dass fast allen V.P. die Vorstellung einer „Apfelsine“ sich mit einer gewissen Hartnäckigkeit aufdrängte und dadurch natürlich eine annähernde Farbtonkonstanz bewirkte. Dagegen waren beim Violett solche gegenständliche Farbvorstellungen relativ selten und trotzdem sind die Schwankungen als sehr gering zu bezeichnen gegenüber den starken Unterschieden für Blaugrün und Gelbgrün! Auf die Bedeutung dieser Ergebnisse für das Problem des phänomenalen Grün war bereits oben S. 112 hingewiesen worden[2]).

Betrachtet man die Ergebnisse namentlich der A-Versuche im Zusammenhang, so lässt sich unter nochmaliger Betonung des problematischen Wertes dieser nur als vorläufig orientierender Vorversuche zu bewertenden Untersuchungen etwa folgendes feststellen:

Nur bei einer beschränkten Anzahl von Beobachtern lässt sich eine gewisse Farbtonkonstanz der assoziationslos geweckten Farbvorstellungen und damit die Wahrscheinlichkeit einer gewissen „Vorstellungsgeläufigkeit“ gerade für diese Farbtöne feststellen. Eine gewisse Uebereinstimmung dieser Farbtöne mit den Urfarben H e r i n g s lässt sich nicht verkennen, jedoch scheinen auch die Hauptfarben W u n d t s bzw. andere teils durch ihre ästhetische Wirkung, teils als besonders „markant“ imponierende Farbtöne eine gewisse hervorragende Bedeutung in dem Vorstellungsleben der einen oder anderen V.P. zu besitzen. Es scheint also, als ob die Farbcharaktere G o l d - s c h m i d t s bis jetzt nur unter den Bedingungen einer E.S.O.P.-Beobachtung — infolge des geringen Grades an Aufmerksamkeit... (s. oben S. 117) — die Uebereinstimmung ihres Farbtones mit den Urfarben H e r i n g s aufweisen, dass dagegen im Vorstellungsleben — zum Teil wenigstens — andere, als besonders eindrucksvoll imponierende Farbtöne eine mehr oder weniger re-

---

[1]) Auch die intraindividuellen Differenzen sind beim Orange und Violett gering, beim Blaugrün und Gelbgrün gross!

[2]) Beiläufig sei hier nochmals auf den Gesichtspunkt W u n d t s hingewiesen, dass blaugrün und gelbgrün nur deshalb eine so untergeordnete Rolle spielten, weil die Sprache hierfür keine Farbenbezeichnungen geschaffen hätte. Aber auch hierbei dürfte die umgekehrte Schlussfolgerung die richtige sein. W e i l gelbgrün und blaugrün als Farbenqualität von geringerer „Dignität“ sind, d e s h a l b haben sie es zu keiner eigenen Farbenbezeichnung gebracht, denn gerade gelbgrün — als der Farbe der Frühlingsvegetation — und blaugrün — als der Farbe des Meeres — besitzen eine ausserordentlich „extensive Verbreitung“. Höchstens könnte eine wechselseitige Beeinflussung beider Faktoren in Frage kommen, insofern, als in der geringeren Dignität der Zwischenfarben „Blaugrün“ und „Gelbgrün“ zwar die erste Ursache dafür erblickt werden kann, dass beide Zwischenfarben ohne eigene Farbennamen geblieben sind und als dieser Mangel dann seinerseits wieder dazu beiträgt, die untergeordnete Stellung der beiden Zwischenfarben zu konservieren.

präsentative Rolle übernehmen. So scheinen besonders bei Grün die etwas gelbgrün gefärbten Farbtöne das neutrale Urgrün an ästhetischer Eindringlichkeit zu übertreffen, so dass ein in Wirklichkeit mehr oder weniger gelblich gefärbtes Grün (etwa das frische Grün der Vegetation) im Vorstellungsleben als ein typischer Repräsentant der grünen Farbqualitäten zu gelten hat.

Wie die obigen Ergebnisse zeigen, sind die hier skizzierten Fragen ausserordentlich verwickelter Natur. Erst eingehendere und unter Beobachtung ganz besonderer Vorsichtsmassregeln anzustellende Versuche würden hier vielleicht eine Klärung herbeiführen können.

Falls die oben skizzierte Auffassung, dass die Urfarben Herings als typische Repräsentanten ganzer Qualitätenreihen zu gelten haben und dadurch ihre bei der phänomenologischen Analyse beobachtbare Sonderstellung erlangen, einer eingehenden Kritik standhalten und durch nachprüfende experimentelle Untersuchungen bestätigt werden sollte, würde sich naturgemäss wieder die Frage aufdrängen, inwieweit dieser — zunächst rein psychisch gedachte — „Abstraktions- und Assimilationsprozess“ (s. oben S. 117), der schliesslich zu einer deutlichen Hervorhebung bestimmter Farbtöne führt, nun seinerseits wieder durch gewisse physiologische Momente bedingt sein mag. Ob es zweckmässig ist, einem solchen Bedürfnis nach einer Erklärung psychischer Erscheinungen durch physiologische Faktoren nachzugeben, muss angesichts der Tatsache, dass eine Sonderstellung der Urfarben auf physiologischem Gebiet bisher nicht hat nachgewiesen werden können und dass überhaupt die Natur der physiologischen Prozesse, die für das Zustandekommen der Farbenempfindungen verantwortlich zu machen wären, vorläufig in Dunkel gehüllt ist, einigermassen in Frage gestellt werden.

Zusammenfassung der Ergebnisse von Untersuchungen über eine Sonderstellung gewisser Farbtöne.

Die vorliegende Untersuchung hatte vielfach zu Einzelfragen Stellung zu nehmen, die mit dem Hauptproblem in Zusammenhang stehen. Ueber die Ergebnisse der Diskussionen und der Experimentaluntersuchungen, die hierbei erforderlich waren, ist am Schlusse der einzelnen Kapitel berichtet worden (vgl. auch die Zusammenstellung der eigenen experimentellen Versuche auf Tabelle S. 162). Hier sind nur noch die Hauptergebnisse der vorliegenden Arbeit zusammenhängend zu betrachten. Die eigentliche Aufgabe der Arbeit war darin erblickt worden, festzustellen, auf welchen Gebieten eine Sonderstellung gewisser Farbtöne sich nachweisen liesse.

Die Resultate der ersten Untersuchungen, die sich mehr mit der physiologischen bzw. psychophysischen Seite des vorliegenden Problems befassten, sind in der Hauptsache als negativ zu bezeichnen. So musste in dem Kapitel über die Mischungsgesetze (s. oben S. 18) darauf hingewiesen werden, dass

„das Mischungsgesetz dreier Farben", das als Grundlage der Dreikomponententheorie zu gelten hat, nur als „ein unterer Grenzfall" zu betrachten ist. Es sagt lediglich aus, dass m i n d e s t e n s (und nicht n u r) drei Farben erforderlich sind, um durch die Mischung die übrigen Farbtöne, einschliesslich Weiss, herzustellen. Mit dem Nachweis, dass eine Beschränkung auf 3 Grundfarben, denen eine physiologisch fundierte Sonderstellung zuzuschreiben wäre, sich aus dem „Mischungsgesetz dreier Farben" n i c h t ohne weiteres ableiten lässt, wird die Young-Helmholtzsche Hypothese ihrer wichtigsten Stütze beraubt, zumal sich diese Theorie, wie gleichfalls gezeigt wurde, sowohl bei der Erklärung der Farbenblindheit wie beim peripheren Sehen und besonders hinsichtlich der Ergebnisse der phänomenologischen Analyse mehr oder weniger stark in Widersprüche verwickelt. Eine physiologische Sonderstellung von irgendwelchen drei Grund- oder Fundamentalfarben lässt sich also n i c h t nachweisen. Damit verlieren auch die verschiedenen Argumente ihre Bedeutung, die von H e l m h o l t z für die Auswahl der drei Grundfarben aus den verschiedensten Gebieten herangezogen wurden und deren Beweiskraft überdies stark angezweifelt werden musste (siehe hierzu die Seiten 25 f.).

Aber auch für die Sonderstellung der vier Urfarben Rot, Grün, Gelb und Blau, wie sie von der Heringschen Gegenfarbentheorie gefordert wird, liessen sich wenigstens hinsichtlich ihrer physiologischen Wirkungen keine entscheidenden Beweise beibringen. Die Heringsche Theorie scheint zwar zunächst überall eine überaus einfache und anschauliche Interpretation der Beobachtungstatsachen zu liefern, versagt aber gegenüber einer tiefer eindringenden Untersuchung. So konnte bei der Farbenblindheit der scharfe Unterschied, der zwischen dem protanopischen und deuteranopischen Sehorgan (s. oben S. 40) besteht, nach der Heringschen Hypothese ebensowenig erklärt werden, wie die zahlreichen Fälle namentlich von Blaugelbblindheit, die stark von der Norm abweichen (s. oben S. 43). Ebenso versagte die Heringsche Deutung bei der Erklärung der sog. „anomalen Trichromaten". Aber auch bei den Kontrasterscheinungen bereitete die merkwürdige Abweichung der Kontrastfarbe von der Gegenfarbe (s. oben S. 50) der Heringschen Theorie grosse Schwierigkeiten, die auch durch die neueren Untersuchungen T s c h e r m a k s nicht beseitigt werden können (s. auch oben S. 55, sowie die eigenen Versuche auf S. 53). Was endlich die Invariabilität der Urfarben angeht, die beim peripheren Sehen, wie bei Intensitätsänderung, wie bei Ermüdung der Netzhaut die physiologische Sonderstellung dieser vier Urfarben besonders stark hervortreten lassen soll, so musste festgestellt werden, dass sich auf Grund zahlreicher neuerer Arbeiten auch von Vertretern der Heringschen Schule sowie eigener experimenteller Untersuchungen eine Unveränderlichkeit der Urfarben „kaum noch aufrecht erhalten lässt" (s. oben S. 72 und S. 89).

Der von K r i e s unternommene Versuch, durch eine Kombination beider

Theorien deren „brauchbarste Bestandteile zu verwerten" und für das periphere Geschehen die Wirksamkeit dreier Grundfarben (etwa Rot, Grün, Violett) und für das zentrale die Sonderstellung von vier Urfarben (Gelb, Rot, Blau, Grün) anzunehmen, musste abgelehnt werden, da sich keinerlei weitere Stützen für eine derartige Annahme gewinnen liessen. Aehnliches gilt für die von G. E. Müller vorgenommene Modifikation der Heringschen Theorie, die bezüglich der „retinalen Zone" an der physiologischen Sonderstellung der vier Urfarben festhält, aber ausserdem noch die Erregungsprozesse des Sehnerven berücksichtigt, deren Wirkungen mit denen der Retinalprozesse nicht korrespondieren sollen (s. oben S. 47). Auch diese Lehre dürfte vorderhand nur eine mehr oder weniger brauchbare Arbeitshypothese darstellen, da weitere objektive Anhaltspunkte dafür nicht zu erlangen sind.

Wesentlich anders liegen die Verhältnisse, wenn man an eine phänomenologische Analyse der Farbenempfindungen herangeht. Hier scheint sich eine gewisse „Sonderstellung" von vier Urfarben als unabweisbar herauszustellen. Die Auffassung von Wundt, dass die Urfarben hinsichtlich ihrer phänomenologischen Wirkungen „keinen von den Uebergangstönen spezifisch verschiedenen Charakter besässen, war abgelehnt worden (vgl. die Ausführungen auf S. 97). Grosse Schwierigkeiten bereitete der Versuch, die Art dieser „spezifischen Differenzierung" irgendwie begrifflich zu fassen. Mit Hilfe einiger neuer Begriffe — der „emanenten" und der „immanenten" Aehnlichkeit — wurde versucht, den zwischen Ur- und Zwischenfarben sich bemerkbar machenden Unterschied in möglichst enger Anpassung an den phänomenologischen Befund symbolisch-begrifflich zu fixieren (s. oben S. 101 f.). Umfangreiche Untersuchungen waren besonders der Frage nach der phänomenologischen Einfachheit bzw. Zusammengesetztheit der Zwischenfarben, sowie dem „Problem des phänomenalen Grün" gewidmet (s. oben S. 103). Auf Grund eigener, zum Teil experimenteller Untersuchungen wurde die Auffassung entwickelt, dass das Urgrün hinsichtlich seiner phänomenalen Wirkung unter den vier psychologischen Urfarben (Rot, Gelb, Grün, Blau) eine etwas abweichende Stellung einnimmt und sich den Zwischenfarben Orange und Violett etwas nähert, ohne damit völlig zu einer dem Orange und Violett gleichwertigen Farbe zweiter Ordnung herabzusinken.

Die Tatsache, dass in physiologischer bzw. psychophysicher Hinsicht eine spezifische Differenzierung der vier Urfarben sich nicht erweisen lässt, dass dagegen bei der phänomenologischen Analyse diese vier Urfarben eine zwar schwer begrifflich zu fixierende, aber immerhin deutlich sich bemerkbar machende Sonderstellung einnehmen, legt den Gedanken nahe, nach rein psychologischen Motiven zu suchen, um diese exzeptionelle Stellung der Urfarben zu erklären. Ein Hinweis auf eine solche psychologische Erklärungsmöglichkeit wurde in den Farbcharakteren Goldschmidts (s. oben S. 116) erblickt, namentlich in der Tatsache, dass diese Farbcharaktere bei

gewissen E.S.O.P.-Beobachtungen (s. oben S. 117) eine auffällige Uebereinstimmung ihres Farbtones mit den vier Urfarben Herings aufweisen. Diese wären demnach etwa als typische Repräsentanten ganzer Farbenreihen zu betrachten, in denen das „allgemein Qualitative“ einer solchen Reihe gleichsam zusammengefasst würde. Die abweichende phänomenologische Wirkungsweise der Urfarben könnte also psychologisch-genetisch dadurch erklärt werden, dass für sie auf Grund eines „Abstraktions- und Assimilationsprozesses“ eine besonders hohe „Auffassungsbereitschaft“, eine hervorragend grosse „Vorstellungsgeläufigkeit“ (s. oben S. 117) sich herausgebildet hat, dass also das durch sie repräsentierte allgemein Qualitative einer Farbtonreihe in ihnen am reinsten zum Ausdruck kommt und dass sie eben aus diesen Gründen heute als ausgesprochen reine Farben imponieren (vgl. auch die eigenen Versuche S. 120).

Diese hier zusammenfassend zur Darstellung gebrachten Ergebnisse der vorliegenden Arbeit dürften in der Wundtschen Stufentheorie vorläufig ihre beste Interpretation finden. Hinsichtlich der Ergebnisse der rein phänomenologischen Betrachtung der Farbenempfindungen bedarf die Wundtsche Auffassungsweise einer wesentlichen Umgestaltung in dem von Goldschmidt angedeuteten Sinne.

In Uebereinstimmung mit den Grundgedanken der Stufentheorie kann daran festgehalten werden, dass die Farbenempfindungen (bzw. die diesen zugrunde liegenden physiologischen Prozesse) eine kontinuierliche Reihe bilden, deren einzelne Glieder sich „mit der Wellenlänge stufenweise“ verändern und dass daher — wie auch aus den im ersten Teil dieser Arbeit durchgeführten Untersuchungen hervorgeht — eine spezifische Differenzierung einzelner Farbtöne in physiologischer Hinsicht nicht in Frage kommt.

Gegenüber der Tatsache aber, dass die Ergebnisse der phänomenologischen Analyse deutlich eine psychologische Ausnahmestellung gewisser Farbtöne erkennen lassen, verwickelt sich die Wundtsche Theorie in beträchtliche Schwierigkeiten. Sie lassen sich beseitigen durch die soeben diskutierte Annahme, dass in der an sich kontinuierlichen Reihe der Farbenempfindungen einzelne Farbtöne dadurch eine — bei der psychologischen Empfindungsanalyse zu beobachtende — Sonderstellung erlangt haben, dass sie genetisch zu Repräsentanten derjenigen Farbtöne geworden sind, die etwas qualitativ annähernd Gemeinsames haben, und dass die qualitativen Unterschiede, wie sich innerhalb der gesamten Farbtonreihe bemerkbar machen, in ihnen gleichsam zusammengezogen, verstärkt und mehr und mehr gefestigt wurden.

Nun hat sich ja die Wundtsche Lehre immer gegen den Vorwurf verteidigen müssen, dass sie zu allgemein sei und dass sie auf eine eigentliche Erklärung verzichte. Allein gerade darin dürfte ihr Vorzug erblickt werden, da sie wegen ihres allgemeinen, auf eine detaillierte Erklärung verzichtenden

Charakters vorzüglich geeignet ist, eine vorurteilsfreie Behandlung aller strittigen Phänomene zu gestatten. Dieser Vorzug ist um so höher zu bewerten, als bei der unbekannten physiologisch-anatomischen Struktur der „farbigen“ Empfindungsträger an eine restlose Zurückführung aller psychologisch-optischen Erscheinungen auf physiologische Zusammenhänge vorderhand kaum gedacht werden kann.

Untersuchungen über die Gesichtsempfindungen eines Farbenschwachen.

Für die Möglichkeit einer Therapie der Farbenanomalien sind die vorangegangenen theoretischen Diskussionen zunächst negativ. Wenn es sich bei den Farbqualitäten um Erlebnisse besonderer Art handelt, denen eigene Träger zugesprochen werden müssen, so drängt sich die herkömmliche Annahme auf, die Farbenanomalien seien Defekte, Ausfallserscheinungen, mit denen man sich abzufinden hätte. Wenn man nun aber auch diese Ausfallserscheinungen selbst nicht beseitigen kann, so bleibt doch noch die Frage, ob man nicht an ihrer Stelle Faktoren entwickeln kann, die vorhanden sind, aber sonst unbeachtet bleiben und die dem farbenschwachen Auge Hilfen bei der Unterscheidung farbiger Eindrücke werden können. Ausgehen konnte die Arbeit von jeder Farbenbetrachtung, insbesondere der Beobachtung farbiger Bilder. So begann die Untersuchung mit der Deskription farbiger Künstlerpostkarten. Bei stets gleicher Beleuchtung durch eine 32-Kerzen-Lampe wurden vierzig solcher Bilder beobachtet. Festgelegt wurde dabei zunächst alles das, was an farbigen Eindrücken am meisten auffiel, Feststellung von Aehnlichkeiten unter den Farben folgte, der Gemütswert wurde charakterisiert, gelegentlich der Sättigungsgrad der Farben gegeneinander abgewogen, endlich wurde Wert darauf gelegt, die Farben in ihrer Tiefenwirkung miteinander zu vergleichen. Wurde hier zunächst das Bild beliebig lange besichtigt, so wurden in einer zweiten Versuchsreihe die Bilder nur etwa $^1/_3$ Sek. exponiert und die dabei gewonnenen Bestimmungen festgelegt.

Für die weitere Arbeit war es notwendig, in möglichst gleichartig hergestellten, fein abgestuften Farbenflächen den ganzen Farbenbereich systematisch durchzubeobachten und die Farben auf ihren Gesamteindruck hin und auf ihre Qualitäten und sämtliche Attribute ihrer Qualitäten hin zu prüfen. Das ist dann geschehen mit den hundert Farbentafeln der Reihe le des Ostwaldschen Farbenatlas. Die geschlossene Reihe ist jedesmal in ungeordneter Folge zunächst dreimal hintereinander in freier Fläche beobachtet. Dann folgte — ebenfalls in ungeordneter Folge — eine dreimalige Beobachtung in reduzierter Fläche, d. h. es wurden die Farben mit einem Auge durch einen 36 cm langen dunklen Schirm beobachtet. Das Verfahren war stets unwissentlich, d. h. die Nummern der Farbentafeln waren bei der Beobachtung

nicht bekannt. Beleuchtung gab in allen Fällen das Tageslicht bei stets gleichen äusseren Bedingungen.

Das hier geübte Verfahren, die Farbe einmal in freier Fläche binokular und sie dann durch den Schirm monokular zu beobachten, schafft Verhältnisse, wie sie Katz[1]) als Oberflächenfarbe und Flächenfarbe unterscheidet.

„Die meisten Gegenstände natürlicher oder künstlicher Färbung, wie Holz, Papier, Stein, Tuch usw., erwecken unter gewöhnlichen Verhältnissen den Eindruck von Oberflächenfarben. Weitaus am häufigsten treten sie dann auf, wenn von Gegenständen mit matter Oberfläche das Licht in diffuser Weise reflektiert wird. Was die psychologischen Bedingungen anbetrifft, so ist das Bewusstsein, einen Gegenstand vor sich zu haben, an dem Farben auftreten, für die Wahrnehmung von Oberflächenfarben von — ich möchte sagen — ausschlaggebender Bedeutung. Alles, was das Zustandekommen dieses Bewusstseins hemmt, hemmt auch den Eintritt des Eindrucks von Oberflächenfarben und bewirkt, dass mehr der Eindruck einer Farbe anderer Ercheinungsweise, meist der Flächenfarbe, eintritt.... Am vollständigsten wird durch die Oberfläche eines Objekts, das sonst mit einer Oberflächenfarbe erscheint, der Eindruck einer Flächenfarbe veranlasst, wenn ein gelochter Schirm (oder noch besser Doppelschirm) den Gegenstand bis auf die durch die Oeffnung gesehenen Teile vollständig verdeckt und gleichzeitig eine etwa vorhandene Struktur und nicht frontalparallele Orientierung des wahrgenommenen Oberflächenstücks nicht mehr erkennen lässt (das Loch des Schirmes darf nicht zu gross gewählt werden). Die zuletzt angegebene Methode zur Herstellung von Flächenfarben berücksichtigt alle Bedingungen, die für ihren Eintritt erfüllt sein müssen. Wir sind zwar von den Spektralfarben als nächstliegendem Beispiele für die Flächenfarben ausgegangen, doch kann jede beliebige physikalische Strahlung den Eindruck der Flächenfarbe bewirken, wenn sie den Raum scheinbar flächenhaft abschliesst und kein Gegenstand als ihr Träger zu bemerken ist“[2]).

Ein erster Einwand gegen das hier geübte Verfahren wird sich aus der Tatsache ergeben, dass es sich um die auf Grund der Selbstbeobachtung gewonnenen Ergebnisse einer einzelnen Versuchsperson handelt. Ganz allgemein ist demgegenüber auf die Schwierigkeit hinzuweisen, für Untersuchungen solchen Umfangs, wie sie hier vorliegen, geeignete Versuchspersonen zu bekommen. Guttmann, selbst „anomaler Trichromat“, sagt in seinen „Untersuchungen über Farbenschwäche“: „Hauptsächlich war ich also meine eigene Versuchsperson. Es ist ja auch kaum möglich, eine Versuchsperson zu finden, die die Aufopferung besitzt, so mühsame und anstrengende Versuche einem Experimentator durch Monate und Jahre zu ermöglichen“[3]). Mühsam und anstrengend sind solche Versuche für den Farbenschwachen einmal wegen der grossen Unlust, mit der er an die Betrachtung von Farben, besonders aber an die Deskription seiner Farbenerlebnisse herangeht. Das gilt ganz besonders, wenn ihm ungesättigte Farben vorgelegt werden. Hinzu kommt dann noch, dass namentlich im Anfang sehr schnell

[1]) Katz, Die Erscheinungsweisen der Farben und ihre Beeinflussung durch die individuelle Erfahrung, Leipzig 1911.

[2]) Katz, a. a. O., S. 9/10.

[3]) Zeitschrift für Sinnesphysiologie 1908, Bd. 42, S. 35.

Ermüdung gegenüber farbigen Reizen eintritt. Zu Beginn musste schon nach Beobachtung von vier bis fünf Täfelchen des Ostwaldschen Atlas abgebrochen werden, längere Pause, meistens von Morgen bis Nachmittag, war nötig, um wieder mit der nötigen Frische herangehen zu können. Im Laufe der Untersuchung trat die Ermüdung weniger schnell ein, so dass ohne Schwierigkeit mit gleicher Genauigkeit bei etwa 20 Tafeln die Phänomene protokolliert werden konnten.

Es liegt nun zwar bei so langen Versuchsreihen einer einzelnen Versuchsperson die Vermutung nahe, dass bei den späteren Versuchen nicht mehr eigene neue Werte gewonnen sind, sondern dass die zweiten und folgenden Beobachtungen durch die Erinnerung beeinflusst sind. Demgegenüber muss auf das tatsächlich vorhandene schlechte Erinnerungsvermögen für Farben hingewiesen werden, namentlich wo es sich um rote oder grüne Farbtöne handelt. Die Gefahr einer Beeinflussung durch früher gewonnene Urteile ist um so weniger vorhanden, als sich die gesamten Versuche auf etwa drei Jahre verteilen. Die Versuchsreihen, die für die hier vorgelegten Kurven die Grundlage abgegeben haben, haben etwa ein Jahr in Anspruch genommen. Für jeden Punkt der Kurve liegen drei zeitlich weit auseinander liegende Beobachtungen vor. Für die Zuverlässigkeit der Deskription mag besonders noch die Tatsache dienen, dass für die Helligkeitskurve zum Vergleich eine ganz andersartig gewonnene Kurve vorhanden ist, die mit der ersten Kurve gute Uebereinstimmung zeigt (vgl. die zweite Kurve, die bei Kurve 1 mit + eingezeichnet ist). Diese zweite Kurve ist derart gewonnen, dass an acht verschiedenen Tagen je einmal 36 über den ganzen Bereich der lc-Reihe gleichmässig verteilte Farbtöne nach ihrem Helligkeitswert in einer Reihe angeordnet worden sind. Hier lagen also die Farbtöne nebeneinander, während bei dem übrigen Verfahren die Farbentafeln in ungeordneter Folge einzeln betrachtet wurden.

Dass die positiven und negativen Korrelationen, die aus den Kurven zu erfassen sind, die Farbenattribute in ihrem wirklichen Erscheinen gut erkennen lassen, zeigt ein Vergleich der Kurve 7 und 8, Flächenkohäsion und Tiefenkohäsion. Es liegen da zwei fast völlig übereinstimmende Kurven vor, deren Grundlagen für sich und jede nach ihrem besonderen Kriterium gewonnen sind. Die Uebereinstimmung ist durchaus verständlich, weil es sich um psychisch verwandte Phänomene handelt.

Im übrigen mögen die Schwankungen in den Kurven zeigen, dass die Ergebnisse unabhängig von einander gewonnen sind. Dieser unruhige Verlauf ist besonders deutlich im Grünbereich der Kurven 4 bis 6 und im Rot bei 7 und 8.

Die ursprünglich beabsichtigten Untersuchungen über die Eindringlichkeit der Farben sind unterblieben, weil es aus äusseren Gründen schwierig war, Fehlerquellen auszuschalten.

Die Mängel der Ostwaldschen Farben zeigten sich bei den Versuchen in bedauerlichem Maße. So fiel es besonders auf, dass ein ausgesprochenes Rot und das saftige Grün fehlen, und dass 00 lc für das farbentüchtige Auge einen Stich ins Grün hat. In der Gelbblaureihe liegt 00 auch tiefer als 02, d. h. auch für das Auge der V.P. hat 00 kein reines Gelb. Die Ostwaldschen Farben sind dennoch benutzt, weil sie unter den käuflichen am weitesten verbreitet sind. Mit Rücksicht auf eine Verständigung sind sie deshalb für den später zu fordernden Vergleich mit andersartig Farbenanomalen und Farbentüchtigen am vorteilhaftesten verwendbar.

Im übrigen sei auch hier darauf hingewiesen, dass es sich mit vorliegender Arbeit um einen ersten Versuch handelt, dessen rein individuelle Ergebnisse die Grundlage abgeben sollen für weitere ähnliche Versuche von Farbenverwechslern und Farbentüchtigen.

Qualitäten und Attribute der Gesichtsempfindungen eines Farbenschwachen.

Die Ergebnisse der Untersuchung sind in eine Tabelle gebracht und dann in Kurvenform eingetragen worden. Dabei geben die Ziffern am oberen Rande die Nummern der Reihe lc des Ostwaldschen Farbenatlas an.

Zur Erläuterung der Kurventafel seien die folgenden Angaben gemacht. (Die in Klammern gesetzten Farbenbezeichnungen, z. B. [„Gelborange"], gelten für das farbentüchtige Auge.)

Kurve 1. Helligkeit.

Bei dieser Kurve konnte zum Vergleich eine dritte Versuchsreihe mit herangezogen werden, die auf ganz andere Art gewonnen ist. Die 36 über die ganze Reihe verteilten Farben, bei denen das Ergebnis dieser dritten Versuchsreihe eingetragen ist, sind an acht verschiedenen Tagen nach ihrem Helligkeitsgrad geordnet hintereinander gelegt worden. Der aus diesen acht Reihen gewonnene Mittelwert ist als dritte Kurve mit -|- eingetragen. Sie zeigt im allgemeinen denselben Verlauf wie die Kurve der freien Fläche.

Die grösste Helligkeit liegt im Gelb von 00 („Gelb mit Stich Grün") bis 07 („Gelb-orange") und von 96 („Gelb mit Stich Grün") bis 99 („Gelb"). Tiefer liegt der Grünbereich von 60 („Blau mit Stich Grün") bis 91 („Gelb-grün"), tiefer das Rot von 17 („Rot-orange") bis 32 („Rot mit Stich Blau"). Grösstes Dunkel haben Violett und Blau von 35 („Rot mit Stich Blau") bis 50 („Blau"). Bei den dunkleren Tönen von 14 („Orange") bis 59 („Blau mit Stich Grün") verrät sich die Wirkung der Kontrastwirkung des Reduktionsschirmes durch grössere Helligkeit gegenüber der freien Fläche.

Fasst man den Bereich des mittleren und grossen Dunkels von 17 („Rotorange") bis 56 („Blau mit unbestimmbarem Stich") zusammen, so steht diesen 40 dunklen Farbtönen der 60 Farben umfassende Bereich der hellen Töne gegenüber.

Kurve 2. Glanzerscheinung.

Der Glanzcharakter ist durch +, der matte, glanzlose Eindruck der Oberfläche durch — bezeichnet.

„Es ist nicht leicht, kurz zu definieren, was phänomenologisch allen Glanzarten gemeinsam und so als das Eigentümliche des Glanzes zu bezeichnen ist. Der Mannigfaltigkeit der Fälle wird wohl folgende Definition gerecht: Glanz tritt nur an einem Objekt auf, und wird — die Farbe des Gegenstandes an Helligkeit übertreffend — als Licht aufgefasst, das nicht eigentlich zur Farbe des Gegenstandes gehört"[1]. „Das Glanzlicht liegt nicht in der Ebene des Objekts, an dem es auftritt, sondern stets vor oder auf dieser Ebene"[2]. Es scheint sich die farbige Fläche in der Richtung des Auges zu einer Gelatineschicht zu verhärten, die sich auf die farbige Fläche auflegt und ihr Licht ausstrahlt.

Der Glanzcharakter ist im Gelbbereich bei reduzierter Fläche merklich stärker als bei freier Fläche. Bei reduzierter Fläche reichen die glänzenden Farbtöne von 00 („Gelb mit Stich Grün") bis 16 („Orange mit Stich Rot") und von 85 („Gelb-grün") bis 99 („Gelb"). Bei freier Fläche reichen sie sogar von 00 („Gelb mit Stich Grün") bis 20 („Rosa"), von 08 („Rot-orange") ab ist der Glanz aber erheblich weniger ausgeprägt. Auf der grünen Seite wird Glanz für freies Auge erst deutlich bei 96 („Gelb mit Stich Grün"), 4 Töne später als bei reduzierter Fläche. Im „Purpur" liegt Glanz von 34 bis 36, die Uebergänge zu dieser Höhe erstrecken sich von 28 („Rot mit Stich Blau") bis 42 („Violett"). Der Glanz in Violett ist von der V.P. erst während dieser Uebungen beobachtet worden. Das Violett bekommt durch den Glanz gegenüber dem Blau Härte, Festigkeit, sie denkt beim Betrachten an Metall oder Marmor als Material, wogegen Blau weich wie Sammet erscheint. Sie hat dieses Attribut seitdem schon mehrfach mit Erfolg zur Unterscheidung von Blau und Violett angewandt.

Die Kurve erreicht an keiner Stelle die volle Höhe. Es wird dadurch deutlich, dass der Glanzcharakter nicht besonders stark ausgeprägt ist. Auch die grossen Schwankungen im Violett sind ein Beweis dafür, wie gross die Unsicherheit in der Festhaltung von Glanz ist. Grössere Sicherheit besteht für den Glanz der gelben Töne.

Wenn hier für die reduzierte Fläche der Glanzcharakter sich deutlicher ergeben hat als für die freie Fläche, so steht diese Feststellung im Gegensatz zu Katz. Nach ihm kommt den Flächenfarben der Glanz nicht zu. „Die ..... Mittel zur Ueberführung einer Oberflächenfarbe in eine Flächenfarbe sind auch geeignet, den Glanz zurücktreten zu lassen. Auch hier erreicht man durch Verwendung eines gelochten Schirmes die grösste Wirkung. Betrachtet man durch einen solchen die glänzende Stelle eines Gegenstandes, so erscheint das Loch von einer Flächenfarbe erfüllt, an der keine Spur von Glanz wahrzunehmen ist" [3].

Tabelle 3. Farbtonbestimmung.

Diese Reihe der Tabelle bringt die Benennungen, welche den Farberlebnissen bei der Betrachtung der einzelnen Tafeln des Farbenatlas beigelegt worden sind. Als abgekürzte Bezeichnung der Farben dienen y (gelb), r (rot), b (blau), g (grün). Zwei zusammengestellte Buchstaben geben an, dass beide Farben gesehen werden, wobei der vorangestellte Farbton überwiegt. Besonders starkes Hervortreten des einen Farbtons wird durch ein- oder mehrmaliges Unterstreichen bezeichnet.

---

[1] Katz, Die Erscheinungsweisen der Farben, a. a. O., S. 21.

[2] Daselbst, S. 22.

[3] Katz, a. a. O., S. 24.

Zu dieser Versuchsreihe ist eine Kurve nicht vorhanden. Wegen der andersartig gewonnenen Kurve 3, Gelb-Blau-Reihe, vergleiche man die Seite 135/6 folgenden Bemerkungen zu dieser Kurve.

Durchgängig reines Gelb in reduzierter und freier Fläche wird nur bis 03 („Gelb") gesehen. Dann treten Mischungen auf, bei denen die Bestimmung zwischen der Mischfarbe Rot und Grün bzw. in reduzierter Fläche auch Grau schwankt. Bei 17 („Rot-orange") bis 22 („Rosa") wird reines Rot gesehen. Während bei 20 („Rosa") in reduzierter Fläche noch Mischung von Rot mit Gelb erkannt wird, tritt bei 22 („Rosa") in reduzierter Fläche schon Blau als Mischfarbe zu Rot auf. Ueber 20 („Rosa") hinaus wird y nicht mehr gesehen. Als Mischfarbe tritt neben Blau noch Grau auf. Bei 23 („Rot") fällt beim ersten Versuch der chromatische Ton ganz aus, es erscheint in der Tabelle reines Grau. Reines Blau erkennt das freie Auge schon bei zwei Versuchen zu 25 („Rot"). Bei dem ersten Versuch schimmert der blaue Ton zwar nur stark verwässert, bei dem zweiten Versuch ist aber grosse Aehnlichkeit mit Blau festgestellt, es ist aber deshalb auf Rosa geschlossen, weil Blau weicher sein würde. Auch bei 34 („Purpur") weist die Tabelle zum ersten Versuch Blau nach, es ist aber auch bei diesem Versuch festgestellt, dass eine Mischfarbe vorhanden sein muss, die härter als Blau ist. In reduzierter Fläche tritt reines Blau in allen drei Versuchen zuerst bei 39 („Purpur") auf, das frei Auge sieht reines Blau in allen drei Versuchen erst bei 43 („Violett"). Rot als Mischfarbe tritt dann noch bei 44 („Violett mit Stich ins Blaue"), 53 („Blau") und 54 („Blau mit unbestimmbarem Stich") und beim dritten Versuch zu 48 („Violett mit Stich Blau") auf, auch beim zweiten Versuch zu 48 ist noch der Zweifel vermerkt, ob nicht etwa Violett vorliegt. Im übrigen erscheint von 43 („Violett") ab in reduzierter Fläche reines Blau, das zuerst bei 56 („Blau mit unbestimmbarem Stich"), dann bei 61, 63 („Blau mit Stich Grün") und im folgenden immer mehr durch Weiss bzw. Grau geschwächt auftritt. Bei 71 („Grün mit Blau") zeigt sich zuerst qualitative Veränderung des Farbtons. Während der erste Versuch mit freiem Auge noch „Grau mit ganz dünnem Hellblau" vermerkt, ist beim zweiten Versuch angegeben: „ganz dünnes Hellblau, das gehärtet und verschmutzt ist durch Grün". Der dritte Versuch zeigt „schmutziges Hellblau".

Im folgenden sind bei den drei Versuchen mit freiem Auge folgende Angaben gemacht:

Zu 73 („Grün"): 1. Helles Grau. 2. Ausserhalb dieses Kreises würde ich die Farbe für Grau halten, allenfalls ist ein ganz dünnes Blau zu erkennen. 3. In diesem Zusammenhang muss ich es für Grün halten; vielleicht ganz schwaches Hellblau.

Zu 74 („Grün"): 1. Grau. 2. Grau. 3. Schmutziges Hellblau.

Zu 75 („Grün mit unbestimmbarem Stich"): 1. Farbton ganz schwach, ganz helles Blau, ein härterer und fester gefügter Ton darin scheint aber auf helles Grün zu deuten. 2. Grün mit viel Weiss. 3. Verschmutztes Hellblau. Wie Asche. Der blaue Ton ist nur ganz schwach zu erkennen.

Zu 76 („Grün mit unbestimmbarem Stich"): 1. Grau. 2. Ganz helles Grün. Ausserhalb dieser Reihe würde ich es für Grau halten. 3. Ausserhalb dieser Reihe würde ich es für schmutziges Grau halten, hier schliesse ich auf Grün.

Zu 77 („Grün mit unbestimmbarem Stich"): 1. Farbton nicht zu erkennen, vielleicht ganz dünnes Blau mit Grau. 2. Schmutziges dünnes Hellblau. 3. Ganz schmutziges helles Blau.

Zu 78 („Grün mit Gelb"): 1. 2. und 3. Grau.

Zu 79 („Grün mit Gelb"): 1. Farbton kaum zu sehen, wahrscheinlich Grün. Bei Vorkommen ausserhalb dieser Reihe würde ich es für Grau halten. 2. Ausserhalb

dieser Reihe würde ich es für Grau halten, hier muss es Grün sein, Rot wäre auch in dieser Helligkeit weicher. 3. Farbton nur ganz schwach, Grün.

Zu 80 („Grün mit Gelb"): 1. Farbton kaum zu erkennen. Helles Grau, vielleicht Grün. 2. Grau. 3. Im Zusammenhang dieser Reihe wird es Grün sein, ausserhalb der Reihe würde ich es für Grau halten.

Auch bei 81 und 82 („Grün mit Gelb") wird ein Farbton nicht oder kaum gesehen. Es wird auf Grün geschlossen, weil ein Grau in der Reihe nicht vorkommt und Rot, das neben Grün in Frage kommen könnte — siehe oben zu 79, 2. —, weicher ist. Beim dritten Versuch zu 83 („Grün mit Gelb") wird zum ersten Male ein Farbton festgestellt, der Gelb nahekommt. Das Gelb ist aber noch mit Grün gemischt, so dass der Gesamteindruck von schmutzigem Gelb bleibt. In reduzierter Fläche war ganz dünnes Gelb schon bei 81 („Grün mit Gelb") gesehen. Bei 85 („Gelb-grün") weist der erste Versuch nach: Vermutlich Grün, wirkt wie Gelb, das durch Grau abgestumpft und gehärtet ist.

Zu 86 („Gelb-grün"): Gelb ist noch zu erkennen. Gegenüber Gelb ist dieser Ton aber matter, weniger aufdringlich, härter, stumpfer und dünner. Bei reduzierter Fläche tritt Gelb deutlicher hervor.

Zu 87 („Gelb-grün"): 1. Die Farbe enthält viel Gelb, das aber durch Beimischung eines ruhigeren Tones von seiner Aufdringlichkeit verloren hat. Wahrscheinlich Grün. 2. Mattes Gelb, der damit gemischte Ton ist härter als das weiche Rot, es ist deshalb nicht Orange, sondern Grün. 3. Grün mit viel Gelb, reines Gelb hätte grössere Tiefenkohäsion und wäre spitzer. Der Farbton liegt fest am Hintergrund, das Gelb darin macht aber leisen Versuch, sich hinauszudrängen.

Zu 89 („Gelb-grün"): Gelb herrscht, aber gedämpft in seiner Aufdringlichkeit, dünner, härter, weniger spitz, Orange würde weicher sein: Grün.

Zu 91 („Gelb-grün"): 1. Gelb, vielleicht etwas nach Orange. 2. Gelb mit etwas Rot.

Zu 92 („Gelb mit Stich Grün"): Gedämpftes Gelb. Da der Ton, der dem Gelb beigemischt ist, härtet, ist es wohl Grün.

Zu 93 („Gelb mit Stich Grün"): 1. Gelb herrscht. Der Ton ist aber nicht so spitz und nicht so weich wie bei reinem Gelb. Es muss sich um Orange handeln. Bei reduzierter Fläche ist das Gefüge so gelockert, dass die für Orange bestimmenden Merkmale zurücktreten und reines Gelb erscheint. 2. Orange, reines Gelb wäre leichter. 3. Anscheinend nach Grün gedämpftes Gelb.

Zu 94 („Gelb mit Stich Grün"): 1. Ein verändertes Gelb; wenn es Orange wäre, würde der Ton weicher, wolliger sein, es muss deshalb Grün sein. Bei reduzierter Fläche tritt Gelb deutlicher heraus. 2. Gelb mit leichter Neigung zu Grün. Reines Gelb wäre spitzer, weniger hart. 3. Gelb gehärtet durch Grün.

Im folgenden bis 99 („Gelb") wird dann fast durchweg reines Gelb gesehen, nur bei 95 („Gelb mit Stich Grün"), 97 („Gelb mit unbestimmbarer Mischfarbe") und 99 („Gelb") wird Gelb mit etwas Rot festgestellt, während beim dritten Versuch zu 97 Grün-gelb gesehen wird.

Kurve 3. Gelb-Blau-Reihe.

36 über den ganzen Kreis gleichmässig verteilte Farben sind hier an sechs verschiedenen Tagen nach ihrem Gelb- und Blaugehalt vom kräftigsten Gelb bis zum stärksten Blau in einer Reihe angeordnet. Es ergaben sich unter den sechs Protokollen nur geringe Abweichungen. Das Ergebnis ist bei den betreffenden Farben mit einem Kreuz eingetragen, die zur Vermittlung zwischen den Kreuzen gezogenen Linien sollen nur den Verlauf der Kurve deutlich hervortreten lassen.

Neutral erscheinen 20 („Rosa") und 75 („Grün mit unbestimmbarem Stich"), d. h. es ist bei ihnen weder Gelb noch Blau zu erkennen. Durch diese beiden Zahlen ist dann auch der Verlauf der Kurve bestimmt, d. h. es liegt Gelb von 00 („Gelb mit Stich Grün") bis 17 („Rot-orange") und von 80 („Grün mit Gelb") bis 98 („Grün mit unbestimmbarer Mischfarbe"), alles übrige ausser den beiden neutralen Punkten 20 und 75 liegt im Blaubereich. Als einzige Ausnahme ist hervorzuheben, dass 77 („Grün mit unbestimmbarem Stich") nach dem neutralen 75 noch einmal etwas Blau zeigt, mit 80 („Grün mit Gelb") beginnt dann aber wieder ohne Unterbrechung der Bereich des Gelb. Das tiefste Blau liegt bei 48 („Violett mit Stich Blau"), das stärkste Gelb bei 02 („Gelb"). Der Blaubereich ist grösser als der Bereich des Gelb; Blau liegt in geschlossener Folge von 23 („Rot") bis 73 („Grün"), umfasst also genau die Hälfte des ganzen Kreises. Rechnet man dazu noch, dass auch bei 77 wieder Blau auftritt, so tritt das Gelb an Umfang dagegen zurück. Das tiefste Blau liegt bei 48 („Violett mit Stich Blau") genau in der Mitte der Kurve für Blau. Anstieg und Abfallen der Kurve zeigen auffallende Gleichmässigkeit. Nicht ganz so gleichmässig verläuft die Gelbkurve. Sie umfasst von 00 bis 17 und 80 bis 98 36 Farben, der Höhepunkt, d. h. stärkstes Gelb, liegt bei 02, so dass der Abstieg zum Rot bis 17 („Rot-orange") von den 36 Farben des Gelb nur 15 zeigt.

Kurve 4. Farbton-Bemerkbarkeit.

Unter Bemerkbarkeit einer Farbe wird die Möglichkeit verstanden, den Farbton bei voller Einstellung der Aufmerksamkeit von einer grauen Fläche zu unterscheiden.

Die grösste Bemerkbarkeit besteht für die gelben und blauen Töne. Die Farbtöne von 00 („Gelb mit Stich Grün") bis 14 („Orange"), 33 („Rot mit Stich Blau") bis 57 („Blau mit unbestimmbarem Stich"), 91 („Gelb-grün") bis 99 („Gelb") liegen mit kleinen Abweichungen auf gleicher Höhe. Die grösste Höhe bei diesen Gelb und Blau erreicht 36 Einheiten. In dem verhältnismässig kleinen Rotbereich von 15 („Orange mit Stich ins Rot") bis 32 („Rot mit Stich Blau") geht die Bemerkbarkeit nur bis auf 21 Grade des maximal auf 36 Einheiten festgesetzten Schätzungswertes herab. Demgegenüber fällt die viel geringere Bemerkbarkeit in dem grossen Grünbereich von 58 („Blau mit Stich Grün") bis 90 („Gelb-grün") bedeutend auf. Hier liegen die Töne von 66 („Blau-grün") bis 86 („Gelb-grün") tiefer als der tiefste Ton im Rotbereich, 78 bis 80 („Grün mit Gelb") erreichen sogar den Nullpunkt, in diesen drei Farben wird also ein farbiger Ton überhaupt nicht gesehen. Der unruhige Verlauf der Kurve in Grün zeigt ausserdem die viel grössere Unsicherheit gegenüber der viel ruhigeren Kurve des Rot.

Ein bemerkenswerter Unterschied zeigt sich bei Rot in reduzierter Fläche gegenüber denselben Farbtönen in nichtreduzierter Fläche. Wenn die Kurve der reduzierten Fläche tiefer liegt, die Bemerkbarkeit gegenüber nicht reduzierter Fläche also geringer ist und bei 21 („Rosa") und 26 („Rot") sogar dem Nullpunkt nahekommt, so ist das zum Teil darauf zurückzuführen, dass der Farbeindruck durch grössere Helligkeit verschoben erscheint, da das Dunkel des Reduktionsschirmes kontrastierend wirkt. Bei Grün zeigt sich die gleiche Erscheinung nicht, da die in Frage kommenden Grüntöne nach Kurve 1 heller sind, die Kontrastwirkung macht sich deshalb hier weniger geltend als bei dem dunkleren Rot. Ausserdem wird in dem Grünbereich bis 70 („Grün mit Blau") Blau gesehen. Blau ist aber auch bei grosser Helligkeit besser bemerkbar als ein helles Rot. Die unterschiedliche Wirkung der Flächenreduktion auf die Helligkeit ist deutlich aus Kurve 1 ersichtlich; während im Rotbereich die reduzierte Fläche durchweg heller

ist, fallen im Grünbereich die Kurven der nicht reduzierten und der reduzierten Fläche auf weiter Strecke von 60 („Blau mit Stich Grün") bis 91 („Gelb-grün") fast zusammen.

Kurve 5. Farbtonbestimmbarkeit.

Die Kurve zeigt in ihrem ganzen Verlauf viel Aehnlichkeit mit Kurve 4, Farbtonbemerkbarkeit. Die grösste Bestimmbarkeit besteht für Gelb und Blau, die Bereiche der grössten Höhen sind aber gegenüber Kurve 4 erheblich eingeengt. Wenn die Kurve schon bei 06 („Gelb mit Stich Orange") abfällt, so zeigt sich da die Unsicherheit in der Bestimmbarkeit durch das Auftreten von Orange. Es wird schon gesehen, dass es sich nicht mehr um reines Gelb handelt, zweifelhaft ist aber, ob ein Gemisch mit Grün oder Rot vorliegt. Dieselbe Unsicherheit drückt sich durch Einengung des Bereichs der Höhe von 33 („Rot mit Stich Blau") bis 46 („Violett mit Stich Blau") aus. Hier stört das Violett die Sicherheit der Bestimmung. Im Grünbereich zeigt sich im ganzen Uebereinstimmung mit Kurve 4. Hier ist eben, wie zu Kurve 4 ausgeführt, an dem Vorhandensein von reinem Blau bis 70 („Grün mit Blau") kein Zweifel. Wenn die Höhe erst wieder bei 97 („Gelb mit unbestimmbarem Stich") statt 91 („Gelb-grün") bei Kurve 4 erreicht wird, so drückt sich damit dieselbe Unsicherheit aus, die oben bei Orange erwähnt wurde.

Wegen der Abweichung zwischen reduzierter und freier Fläche im Rotbereich gilt dasselbe wie bei Kurve 4. Die infolge der Kontrastwirkung helleren Rottöne sind ebenso sehr schwerer bestimmbar, wie sie sich schwerer bemerkbar machen.

Kurve 6. Sättigung.

Grösste Sättigung liegt von 36 („Purpur") bis 50 („Blau"), tiefer liegen die Gelbtöne 00 („Gelb mit Stich Grün") bis 04 („Gelb") und 88 („Gelb-grün") bis 99 („Gelb"), wenig geringere Sättigung als diese zeigt der Rotbereich, am tiefsten liegen hier 24 und 25 („Rot"). Den niedrigsten Farbengrad der ganzen Reihe zeigen die Grüntöne, ziemlich stetig fällt die Kurve von 50 („Blau") bis zum Nullpunkt bei 78 bis 80 („Grün mit Gelb"). Wegen der tieferen Lage der Kurve der reduzierten Fläche bei 13 („Orange") bis 37 („Purpur nach Violett neigend") wird auf die bei Kurve 4 erörterte Kontrastwirkung des Schirmes verwiesen. Durch die Kontrastwirkung scheint die Farbe gelockert und weniger gesättigt als der gleiche Farbenton in freier Fläche. Der Farbenton in reduzierter Fläche erscheint wie von einem weissen Gazeschleier oder einer milchigen Schicht überzogen. Dasselbe gilt für die geringere Sättigung in Violett und Blau, von 41 („Violett") bis 50 („Blau") bei reduzierter Fläche. Auch hier ist nach Kurve 1 die Helligkeit grösser als bei nicht reduzierter Fläche. Der tiefste Punkt ist wie in Kurve 4 und 5 bei 80 („Grün mit Gelb"). Hier fallen beide Kurven zusammen.

Kurve 7. Flächenkohäsion.

Darunter wird die Art verstanden, wie in der Fläche das Farbige gelagert ist. Liegen die farbigen Teilchen dicht nebeneinander, so ist die Flächenkohäsion fest, liegen sie loser gefügt, so dass die farbige Fläche den Eindruck von Gaze, Dunst oder Nebel macht, so ist die Flächenkohäsion locker. Katz spricht von „lockerem Gefüge" bzw. „strafferem Zusammenhalt", „grösserer Dichte"[1]). Es sind hier sechs Stufen unterschieden, + 2 gibt den höchsten Grad der Festigkeit an, es folgen + 1, +, —, — 1, — 2.

[1]) Katz, a. a. O., S. 7.

Die grösste Festigkeit in der Flächenfügung liegt im Gelb- und im Blaubereich. Lockerer ist der kurze Rotbereich von 21 („Rosa") bis 30 („Rot mit Stich Blau"), die Tiefe liegt bei 25 („Rot"). Im Blaubereich bis 50 („Blau") wird die Höhe des Gelb gehalten, um dann auf der weiten Strecke von 55 („Blau mit unbestimmbarem Stich") ab schroff abzufallen bis 86 („Gelb-grün"), wo ebenso steil der Aufstieg zur Höhe des Gelb erfolgt. Die grünen Farbtöne sind demnach viel lockerer als die roten, ihr Bereich ist umfassender, die Kurve reicht auch erheblich tiefer als beim lockersten Rot.

In dem Bereich von 20 („Rosa") bis 36 („Purpur") liegt die Kurve der reduzierten Fläche tiefer als die der freien Fläche, die Farbe erscheint also in reduzierter Fläche lockerer. Die Erklärung dafür ergibt sich aus der für Kurve 4 erörterten Kontrastwirkung bei Anwendung des Reduktionsschirmes. Die reduzierte Fläche erscheint gedehnt, wie wenn man etwa einen farbigen gestrickten Seidenstoff über weissem Untergrund auseinanderzieht. Ebenso ist es mit geringen Schwankungen im Bereich des Gelb und Grün. Im Blau-Grünbereich von 50 („Blau") bis 73 („Grün") liegen die Verhältnisse umgekehrt. Von 50 („Blau") bis 59 („Blau mit Stich Grün") fällt hier grössere Helligkeit (Kurve 1) mit festerer Fügung der reduzierten Fläche zusammen. Von 60 („Blau mit Stich Grün") bis 73 („Grün") ist kaum ein Unterschied der Helligkeit, die Fügung der Farbe ist dennoch fester. In diesem ganzen Bereich von 50 („Blau") bis 73 („Grün") hat die Anwendung des Reduktionsschirmes die Wirkung, dass das Blau leicht aufquillend frischer hervortritt, Trübungen durch Mischfarben treten zurück, Kurve 5 weist deshalb auch von 58 („Blau mit Stich Grün") bis 79 („Grün mit Gelb") leichtere Bestimmbarkeit der reduzierten Farbe nach.

Kurve 8. Tiefenkohäsion.

Farbige Flächen zeigen nicht nur unterschiedliche Art der Lagerung ihrer farbigen Teilchen in der Fläche, sie unterscheiden sich auch durch die Art, wie die Farbe in der räumlichen Tiefe wirkt. Eine Farbe kann lockere Tiefenkohäsion haben, d. h. sie kann wirken wie dünnes Papier, oder sie kann feste Tiefenkohäsion haben, dann macht sie den Eindruck eines dicken weichen Stoffes, in den man hineindrücken kann, wie etwa in Sammet. Es entsteht dann der Eindruck des Dreidimensionalen.

Die grösste Festigkeit in bezug auf Tiefenlagerung der farbigen Teilchen liegt bei 44, 46 und 47 („Violett mit Stich Blau"), geringste Festigkeit liegt bei 64 („Blau-grün"), 68 („Grün mit Blau"), 71 („Grün mit Blau"), 74 („Grün"), 80 („Grün mit Gelb"). Höher als diese Töne des Grünbereiches liegt der Rotbereich von 21 („Rosa") bis 30 („Rot mit Stich ins Blau"), der seinen Tiefpunkt, d. h. seine geringste Tiefenlagerung, bei 25 („Rot") hat. Der Gelbbereich der freien Fläche liegt tiefer als der Bereich der blauen Töne, die gelben Farbtöne sind also weniger raumtief. Während die Linie der reduzierten Fläche durchweg über der der freien Fläche liegt, bei reduzierter Fläche demnach die Farbe grössere Raumtiefe zeigt, liegt sie in dem Bereich von 17 („Rot-orange") bis 22 („Rosa") und von 75 („Grün mit unbestimmbarer Mischfarbe") bis 85 („Gelb-grün") tiefer. Grössere Abweichung beider Kurven zeigt sich im Gelbbereich von 00 („Gelb mit grünem Stich") bis 08 („Gelb-orange"), 91 („Gelb-grün") bis 95 („Gelb mit Stich Grün"), 96 („Gelb mit Stich Grün") bis 99 („Gelb"). Die genannten gelben Töne erscheinen in reduzierter Fläche härter. Sie geben von der Frische und Weichheit des farbigen Tones ab und wirken grauer, gepresster. Sehr auffallend ist noch die höhere Lage der Kurve der reduzierten Fläche von 51 („Blau") bis 68 („Grün mit Blau"). Zur Erklärung kann auf die obigen Bemerkungen zu der entsprechenden Erscheinung bei der Flächenkohäsion (Kurve 7) verwiesen werden.

Kurve 9. Adhäsion.

Eine Farbe liegt fest auf der Fläche, sie haftet der Fläche an, oder sie tritt mehr oder weniger aus der Fläche heraus, nähert sich dem Auge, sie ist freischwebend. Festes Anhaften an der Fläche ist in der Tabelle durch + 2 ausgedrückt, durch dieselben sechs Stufen wie bei 7 werden die verschiedenen Grade unterschieden bis zu — 2, welches das freieste Schweben darstellt.

Freischwebend sind in weiter Spanne die gelben Töne von 00 („Gelb mit Stich Grün") bis 14 („Orange") und von 89 („Gelb-grün") bis 99 („Gelb"), im Rot-Blaubereich schweben die Farbtöne von 30 („Rot mit Stich Blau") bis 73 („Grün"). Die kurzen Bereiche der an der Fläche haftenden Töne liegen im Rot und Grün ungefähr gleich tief. Wenn durchweg die Kurve der freien Fläche tiefer liegt als die der reduzierten Fläche, so muss für die dunklen violetten und blauen Farbtöne auf die Kontrastwirkung des Reduktionsschirmes verwiesen werden. Durch den Kontrast zu dem Dunkel des Schirmes werden die violetten und blauen Töne etwa von 30 („Rot mit Stich Blau") bis 70 („Grün mit Blau") duftiger, lockerer, leichter, die Farbe tritt dadurch wolkenartig aus der Fläche heraus. Es scheint oft, als ob sich diese duftigen Farben wie eine Nebelwand dem Auge entgegenschieben. Bei Rot wird durch Flächenreduktion die Farbe nicht lebhafter (s. Kurve 4). Hier zeigt sich Unsicherheit, zum Teil ein Uebergreifen der Kurve der reduzierten Fläche unter die der freien Fläche.

Kurve 10. Aufdringlichkeit.

Darunter wird die Art verstanden, wie eine Farbe im Bewusstsein anderen Erlebnisinhalten gegenüber hervortritt. + bezeichnet die Aufdringlichkeit, — die ruhige Zurückhaltung. Beiden Zeichen ist zur Steigerung 1 oder 2 zugesetzt, so dass im ganzen sechs Stufen unterschieden werden.

Höhepunkte liegen von 00 („Gelb mit Stich Grün") bis 17 („Rot-orange"), von 86 („Gelb-grün") bis 99 („Gelb"), von 27 („Rot mit Stich Blau") bis 64 („Blaugrün"). Geringe Abschwächung hat Rot von 18 („Rot-orange") bis 26 („Rot"). Viel mehr tritt Grün zurück, es reicht an einer Stelle, bei 79 („Grün mit Gelb") an den Nullpunkt und hat als unaufdringlich den weiten Bereich von 65 („Blau-grün") bis 86 („Gelb-grün").

Die grösste Aufdringlichkeit des Gelb, wie sie in der Kurve von 00 („Gelb mit Stich Grün") bis 09 („Gelb-orange") und von 95 („Gelb mit Stich Grün") bis 99 („Gelb") nachgewiesen ist, wird an keiner Stelle von den blauen Tönen erreicht.

Fast genau entsprechend der Kurve 4 liegt hier die Kurve der reduzierten Fläche im Rot erheblich tiefer als die der freien Fläche. Der Grund ist der gleiche wie bei Kurve 4. Im Blaubezirk liegt die Kurve der reduzierten Fläche höher, in reduzierter Fläche erscheinen demnach die Blautöne aufdringlicher. Es sind dabei die Momente bestimmend, die zu Kurve 9 für die Wirkung der Flächenreduktion auf Violett und Blau erörtert sind.

Kurve 11 und 12. Gefühlswert.

Lustbetontes Farberlebnis bzw. Erregung und Spannung sind mit +, unlustbetontes bzw. Beruhigung und Lösung mit — bezeichnet. Beigesetzte 1 und 2 geben Steigerungen an. 0 bezeichnet emotionale Indifferenz.

Das Emotionale tritt zwar nicht sehr lebhaft hervor, da von einer besonders starken künstlerischen Einstellung nicht gesprochen werden kann. Es ist aber der Gefühlswert eines Farbtons doch so deutlich, dass eine Aeusserung darüber sehr wohl möglich ist.

Die beiden Kurven für die freie Fläche sind zwar zu gleicher Zeit gewonnen, jede ist aber unabhängig von der anderen festgelegt. Ebenso sind die Merkmale für die beiden Kurven der reduzierten Flächen zeitlich zusammen gewonnen. Zwischen der Beobachtung mit freiem Auge und der mit Reduktionsschirm liegt aber ein Zeitraum von 6 bis 10 Monaten. Es muss deshalb um so mehr die gute Uebereinstimmung beider Kurven auffallen. Unlustbetont sind die Gelbtöne von 00 („Gelb mit Stich Grün") bis 21 („Rosa") und von 84 („Gelb-grün") bis 99 („Gelb"), Lustbetont sind die Töne von 26 („Rot") bis 72 („Fast reines Grün"). Dieselben Bereiche umfassen die Kurven für Erregung — Beruhigung bzw. Spannung — Lösung. Die Indifferenzzone bei Rot geht von 21 („Rosa") bis 26 („Rot"), bei Grün umfasst sie den viel grösseren Bereich von 72 („Fast reines Grün") bis 84 („Gelbgrün"). Von 35 („Purpur") bis 51 („Blau") ist Kurve 12 um etwa 50% tiefer als Kurve 11, d. h. diese Farbtöne sind in geringerem Grade lustbetont, als dass sie angenehm beruhigend wirken, bei den helleren Blautönen von 53 („Blau") bis 62 („Blau mit Stich Grün") liegen die Verhältnisse umgekehrt, hier liegt Kurve 12 durchweg höher als Kurve 11. In diesem Bereich senkt sich die Kurve 11, d. h. die helleren grün-blauen Töne sind stärker lustbetont als die bis 50 („Blau") liegenden dunkleren violetten und blauen Töne. Die helleren Töne sind weicher, duftiger, freudiger, anregender als die schweren, ernsten und härteren dunklen Töne. Kurve 12 steigt von 50 ab, d. h. die helleren Blautöne wirken aus demselben Gefühlsmoment weniger beruhigend als die dunkleren.

Zwischen reduzierter und freier Fläche ist in der ästhetischen Wirkung kein bemerkenswerter Unterschied. Beide Kurven berühren sich vielfach oder sie greifen auf der ganzen Linie übereinander. Eine kleine Abweichung zeigt sich von 59 („Blau mit Stich Grün") bis 66 („Blau-grün"), wo die reduzierte Fläche geringeren Grad der Lustbetonung als die freie Fläche hat. Es ergibt sich hier Abweichung gegenüber den Feststellungen von Katz am farbentüchtigen Auge. „Für alle Beobachter ist der Gefühlston bei beiden Eindrücken ein verschiedener. Für die meisten der von mir hierüber befragten Beobachter haben die Flächenfarben etwas Zarteres an sich und werden aus diesem Grunde als ästhetisch wohlgefälliger bezeichnet, wenn man sie sich den Oberflächenfarben mit ihrem kräftigeren, energischeren Charakter gegenübergestellt denkt"[1]).

Vergleich der Kurven.

Beim ersten Blick fällt leicht auf, dass in den Kurven 4 bis 10 einem Wellenberg bei Gelb und Blau, ein Wellental bei Rot und Grün gegenübersteht. Dabei liegt durchweg das Tal bei Grün tiefer als das bei Rot, die Bestimmungen bei Grün drücken sich demnach energischer aus als die bei Rot. Besonders deutlich zeigt sich das bei der Sättigung (Kurve 6). 78 bis 80 im Grünbereich erreichen den Nullpunkt, der Tiefpunkt im Rot freier Fläche liegt bei 24 und 25 („Rot") von den 36 Einheiten noch 21 über Null. Aehnlich ist es bei den Kurven 4 und 5 (Farbtonbemerkbarkeit und Farbtonbestimmbarkeit). Während sich hier der Tiefpunkt im Rotbereich von den 36 Einheiten nur bis auf 15 senkt, erreicht auch hier der Grünbereich bei 78 bis 80 den Nullpunkt. Auch in Kurve 10 liegt der Tiefpunkt der Aufdringlichkeit im Rot (19 „Rotorange"), 23 bis 25 („Rot") noch 18 Punkte

[1]) Katz, a. a. O., S. 14.

über dem Nullpunkt, der bei 79 („Grün mit Gelb") erreicht wird. Die gleiche Höhe mit dem Wellenberg des Gelb erreicht Blau bei der Farbtonbemerkbarkeit, der Farbtonbestimmbarkeit und der Flächenkohäsion (Kurven 4, 5 und 7). Dagegen hat Blau gegenüber Gelb grösseren Sättigungsgrad (Kurve 6), es hat auch in freier Fläche stärkere Raumtiefenwirkung, festere Tiefenkohäsion (Kurve 8). In Kurve 9 dagegen liegt der Wellenberg im Gelb bei 00 („Gelb mit grünem Stich"), 01 („Gelb"), 06 („Gelb mit Stich Orange"), 07 („Gelb-orange") und 98 („Gelb mit unbestimmter Mischfarbe") höher als die Höhe in Blau. Gelb tritt demnach entschiedener als Blau aus der Fläche heraus, es kommt dem Auge mehr entgegen. Ebenso ist es mit der Aufdringlichkeit, wo die Höhe in Gelb beim freien Auge an keiner Stelle von Blau erreicht wird, Gelb ist demnach aufdringlicher als Blau.

Von besonderem Interesse ist ein Vergleich der Kurven 1 und 5, der Helligkeit mit der Bestimmbarkeit der Farbtöne. Von 00 („Gelb mit Stich Grün") bis 07 („Gelb-orange") ist die Helligkeit in freier Fläche konstant. Die Bestimmbarkeit senkt sich schon bei 05 („Gelb mit Stich Orange") und nimmt schon bei 07 („Gelb-orange") konstant ab. Es wurde schon bei Erörterung der Kurve 5 darauf hingewiesen, dass hier das Auftreten einer Mischfarbe bemerkt wird, welche die Bestimmbarkeit beeinträchtigt, während ein Helligkeitsunterschied erst später festgestellt wird. Diese Tatsache, dass Unterschiede der Farbqualität bemerkt werden, ohne dass Veränderung der Helligkeit festgestellt wird, zeigt auch der weitere Vergleich beider Kurven. So zeigt Kurve 1 von 17 („Rot-orange") bis 32 („Rot mit Stich Blau"), 35 („Purpur") bis 50 („Blau") und von 60 („Blau mit Stich Grün") bis 91 („Gelb-grün") nahezu konstante Höhe, d. h. diese Bereiche haben fast gleiche Helligkeit, während Kurve 5 in denselben Bereichen erhebliche Schwankungen hat.

Die Frage des Verhältnisses von Lichtintensität und Sättigung ist an einem Vergleich der Kurven 1 und 6 zu prüfen. Die geringste Helligkeit liegt nach Kurve 1 von 35 („Purpur") bis 50 („Blau"). In Kurve 6 liegt von 36 („Purpur") bis 50 („Blau") die grösste Sättigung. Während in diesem Bereich bei 39 („Purpur nach Violett neigend") die Sättigung um drei Einheiten abnimmt, steigt die Helligkeit in demselben Maße. Die Helligkeit steigt dann von 35 („Purpur") ab, um sich bei 32 („Rot mit Stich Blau") bis 17 („Rot-orange"), d. h. im Bereich des Rot auf mittlerer Höhe zu halten. Diesen mittleren Helligkeitsgraden entspricht eine mehr als mittlere Sättigung, die sich bis zum Gelb bei 00 („Gelb mit Stich Grün") fast auf gleicher Höhe hält, während die Helligkeit im Gelbbereich noch erheblich zunimmt. Von 51 („Blau") bis 59 („Blau mit Stich Grün") hält sich die Helligkeit auf mittlerer Höhe, während die Sättigung sich wie im Rotbereich auf mehr als mittlerer Höhe hält. Von 60 („Blau mit Stich Grün") bis 91 („Gelbgrün") liegt dann die Helligkeit nahezu konstant auf einer Höhe, die erheblich über der Helligkeit des Rot liegt, während die Sättigung bei diesen

Farbtönen mit grossen Schwankungen einen erheblichen Ab- und Aufstieg zeigt.

Charakteristisch ist für die Kurven 4 bis 12 der steile Anstieg von 86 („Gelb-grün"). Es drückt sich damit das Auftreten von Gelb aus. Nach Kurve 3 steigt der Gelbgehalt von 80 bis 83 („Grün mit Gelb") nur um eine Einheit, von 83 bis 86 („Gelb-grün") und von 86 bis 89 („Gelb-grün") aber um je drei Einheiten. In Kurve 10 : Aufdringlichkeit, steht dem steilen Anstieg bei 85 („Gelb-grün") ein auffallend steiler und sicherer Abstieg bei 71 („Grün mit Blau") gegenüber, so dass der zwischen diesen beiden Tönen liegende Bereich scharf herausgeschnitten erscheint. Es deckt sich dieser Abstieg mit dem oben zu Tabelle 3 erörterten ersten Auftreten einer qualitativen Veränderung des Farbtons bei 71. Während vorher reines Blau gesehen wird, macht sich hier zum ersten Mal der Einfluss des Grün bemerkbar. Das Blau erscheint dadurch schmutzig, d. h. das Blau ist wie auf einem Aschehaufen durch einen anderen Farbton so geschwächt, gedämpft, dass es kaum noch bemerkt wird. Seinen heiteren, leichten und luftigen Charakter und seine Aufdringlichkeit hat es verloren. Damit stimmt überein, dass in den Kurven der Gefühlswerte, 11 und 12, 71 nur noch wenig über dem Nullpunkt liegt, der bei 72 („Fast reines Grün") erreicht ist. Mit dem steilen Anstieg von 85 („Gelb-grün") ab in Kurve 10 fällt ein gleich steiler in Kurve 11 und 12 zusammen.

Ein ähnlich auffallender Abstieg wie hier bei 71 liegt in Kurve 7 bei 57 („Blau mit unbestimmbarem Stich"). Hier wird demnach der Farbton gegenüber der festen Fügung in Blau plötzlich stark gelockert. Es fällt diese Veränderung zusammen mit dem gleichmässigen Anstieg der Kurve 1 von 57 ab, d. h. mit der grösseren Lichtintensität der folgenden Töne. Das hellere Blau erscheint gegenüber dem dunkleren durchsichtiger, wolkiger, leichter, der Farbton scheint von einem Gazeschleier überzogen oder von einer milchigen Flüssigkeit übergossen. Die farbigen Teilchen erscheinen dadurch voneinander getrennt, die ganze Fläche gedehnt.

Grosse Uebereinstimmung zeigt sich zwischen den Kurven 2 und 3. In Kurve 2 beginnt bei 20 („Rosa") die Reihe der matten Farbtöne, mit einer unbeachtlichen Ausnahme ist vorher alles glänzend. In Kurve 3 liegt bei 20 ein neutraler Punkt, vor dem nur gelbe Farbtöne liegen. Der Bereich des Glanzcharakters fällt demnach hier genau mit dem Gelbbereich zusammen. Nicht ganz ebensolche Uebereinstimmung ist zwischen den beiden Kurven in Grün-gelb. Hier beginnt das Gelb schon bei 80 („Grün mit Gelb"), während Glanz erst bei 86 („Gelb-grün") auftritt. Das Gelb, das hier dem Farbton den Glanzcharakter gibt, ist noch zu sehr geschwächt, gedämpft oder geschmutzt durch Grün (siehe oben zu Tabelle 3), dass der Glanz nicht bemerkbar wird.

Aehnliches Verhalten wie der Glanzcharakter zum Gelb zeigen die Gefühlswerte, Kurve 11 und 12. Wenn in Kurve 3 bis zum neutralen 20 („Rosa") Gelb gesehen wird, so reicht in Kurve 11 bis 20 der Bereich der

unlustbetonten, in Kurve 12 der spannenden und erregenden Farbtöne. Auch hier setzen im Grünbereich Unlust bzw. Spannung und Erregung nicht schon bei dem Gelb 80 („Grün mit Gelb") der Kurve 3 ein, sondern in fast genauer Uebereinstimmung mit Kurve 2 (Glanz) erst bei 85 bzw. 86 („Gelb-grün"). Ist hiernach der Gelbbereich weiter als der Bereich der unlustbetonten Farbtöne, so ist auch der Blaubereich weiter als der Bereich der lustbetonten Farben. Blau reicht von 23 („Rot") bis 73 („Grün") mit kleiner Streuung bis 77 („Grün mit unbestimmbarem Stich"); Lust, Beruhigung und Lösung liegen von 27 („Rot mit Stich Blau") bis 71 („Grün mit Blau"). Bei 23 bis 26 („Rot") ist der Einfluss des Rot so stark, dass die leichte Heiterkeit des reinen Blau noch nicht aufkommen kann. Rot-blau ist dafür zu ernst und schwer.

Auf eine Abweichung ist hinzuweisen zwischen Kurve 3 (Gelb-Blau-Reihe) und Kurven 4 und 5 (Farbtonbemerkbarkeit und Farbtonbestimmbarkeit). In Kurve 3 wird bei 80 („Grün mit Gelb") schwaches Gelb gesehen, in Kurven 4 und 5 liegt 80 im Nullpunkt, d. h. ein Farbton ist nicht bemerkt. Die Erklärung dafür ergibt sich aus der verschiedenen Entstehungsweise der Unterlagen. Während bei 4 und 5 die einzelne Karte vorlag, erschien bei der Gewinnung der Unterlagen für Kurve 3 die Tafel 80 zusammen mit 35 anderen Tafeln, die nach ihrem Gelb- und Blaugehalt geordnet wurden, dabei war dann der Farbton eher bemerkbar.

Im Vergleich mit den anderen Kurven zeigt die Kurve 1 (Helligkeit) geringe Schwankungen.

Graureihen.

Zur Prüfung der Frage, ob für den Farbenverwechsler die Rot-Grünerlebnisse den Grauerlebnissen gleichgesetzt werden können, sind in einer Sonderspalte neben den einzelnen Kurven kleine Kurven eingezeichnet, welche die entsprechenden Attribute bei drei Grautönen angeben, die in der Helligkeit etwa den farbigen Tafeln 14, 47 und 57 entsprechen. Besonders deutlich zeigen Kurve 2 (Glanz) und Kurven 9 bis 12, dass erhebliche Unterschiede bestehen zwischen den Attributen der grauen und denen der chromatischen Töne.

Einige zusammenfassende Beobachtungen, die sich bei Betrachtung der Kurven ergeben, mögen hier folgen:

1. Grösste Helligkeit haben die Farbtöne von 00 („Gelb mit Stich Grün") bis 07 („Gelb-orange") und von 96 („Gelb mit Stich Grün") bis 99 („Gelb").

2. Trotz der gewohnheitsmässig überwiegenden Bedeutung der Helligkeitsunterschiede gegenüber den Farbunterschieden kommt auch bei Flächen, in denen sich Helligkeitsunterschiede nicht wahrnehmen lassen, Unterschiedlichkeit von Farbenqualitäten vor.

3. Gelb ist aufdringlicher als Blau.

4. Gelb tritt mehr als Blau aus der Fläche heraus.

5. Blau hat grössere Sättigung als Gelb.

6. Das am meisten gesättigte Blau hat grössere Raumtiefenwirkung („grössere Tiefenkohäsion") als die entsprechende Sättigungsstufe des Gelb.

7. Im Ostwaldschen Farbenkreis ist der Bereich der grünen Farbtöne grösser als der der roten.

8. Farbtonbemerkbarkeit, Farbtonbestimmbarkeit, Sättigung und Aufdringlichkeit sind im Grünbereich geringer als im Rotbereich.

9. Rot und Grün haben auf gleicher Strecke fast gleiche Adhäsion.

10. Flächen- und Tiefenkohäsion sind im Grün im weiten Bereich sehr locker. Im Rot ist die Lockerung nur in ganz kleinem Bereich annähernd gleich gross.

11. Grössere Helligkeit im Rot schwächt die Bemerkbarkeit, die Bestimmbarkeit, die Sättigung und die Aufdringlichkeit; sie lockert die Fügung in Fläche und Tiefe.

12. Rot in reduzierter Fläche nähert sich im Grad der Bemerkbarkeit, der Bestimmbarkeit, der Flächen- und Tiefenkohäsion und der Aufdringlichkeit dem Grün und dem Grau.

13. Die Anwendung des Reduktionsschirmes hebt bei mittlerer und geringer Helligkeit den Helligkeitsgrad.

14. Im Grünbereich mit seiner mehr als mittleren Helligkeit hat die Anwendung des Reduktionsschirmes auf die Helligkeit keinen Einfluss.

15. Bemerkbarkeit, Bestimmbarkeit und Sättigung sind in reduzierter Fläche des Grünbereiches um ein Geringes grösser als in freier Fläche. Für die Aufdringlichkeit gilt das nur in dem kurzen Bereich von 71 („Grün mit Blau") bis 82 („Grün mit Gelb"), wo Blau kaum oder nicht mehr gesehen wird.

16. Die scharf herausgeschnittenen Farbtöne 17 („Rot-orange") bis 26 („Rot") und 72 („Fast reines Grün") bis 84 („Gelb-grün") bei reduzierter Fläche und 21 („Rosa") bis 26 („Rot") und 71 („Grün mit Blau") bis 85 („Gelb-grün") bei freier Fläche zeigen für das Emotionale völlige Indifferenz.

17. Rot und Grün haben ausser der emotionalen Indifferenz gemeinsam den matten Oberflächencharakter.

18. Die Kurve der gefühlsmässigen Wirkung erscheint in ihrem eigenartigen Verlauf bestimmt durch den Farbcharakter, die Tönung.

19. Nur beim Gelb fällt der höchste Sättigungsgrad mit der stärksten emotionalen Wirkung zusammen.

Flimmererscheinungen, E.S.O.P. und visuelle Träume eines Farbenschwachen.

Neben der systematischen Untersuchung der 100 Farben der Reihe lc des Ostwaldschen Farbenatlas wurden entsprechende experimental-deskriptiv-psychologische Untersuchungen über Flimmererscheinungen und über „exemplarische, subjektive, optische Phänomene“ durchgeführt. Das hierbei gewonnene Material sei im folgenden beschrieben, weil es Unterlagen für den Vergleich mit entsprechenden Untersuchungsergebnissen von andern Beobachtern abgeben kann. Ausserdem sind einige Bemerkungen über das Farbenerlebnis im Traum angeschlossen.

Flimmerversuche.

Für diese Versuche sind rotierende, aus Sektoren von je 180° kombinierte Farbscheiben verwendet, mit den Heringschen Farben (Zimmermann-Leipzig). Verdunkeltes Zimmer. Die Scheiben rotierten in einem Kasten, dessen runde Ausschnitte von 13 cm Durchmesser durch die Scheiben ganz verdeckt waren. Entfernung des Auges von den Ausschnitten etwa 2 m. Im folgenden wird zunächst jede Scheibe einzeln betrachtet.

180° Rot Nr. 2 + 180° Grün Nr. 8.

Hellgrauer Hintergrund, davor nebelhafte dunkle Fläche. Das Ganze hat Kugelform, kalt und hart. Adhäsion gross. Im weiteren Verlauf wird in dem hellgrauen Hintergrund ganz schwaches Gelb gesehen. Das Ganze ist stark erregend durch die Bewegung, welche die wechselnden Gestalten der dunklen Fläche verursachen. In der Farbe ist es gemütlich indifferent.

180° Grün Nr. 8 + 180° Blau Nr. 12.

Hintergrund gelb, Mitte dünnes Blau, das zeitweise sehr schwach, schmutzig. Gelegentlich farbiger Ton in der Mitte gar nicht zu erkennen, das Gelb des Hintergrundes scheint dann durch Grau getrübt. Gelb und Blau verteilen sich bei weiterem Betrachten verschieden über das Ganze, gelegentlich ist eine Hälfte gelb, die andere blau, dann wieder das Ganze gelb als Kugel mit bläulichem Schatten an einer Seite. Vorübergehend erscheint auch das Ganze als schmutziggelbe Fläche, in die allmählich Blau wechselnder Lagerung hineinkommt. Flimmerwirkung tritt sehr stark auf durch einen Schattenstrich, der von der linken Seite her in einem Winkel von etwa 60° auf und ab geschwenkt wird oder durch einen rechts und links in der Mitte befestigten halbringförmigen Schatten, der auf und ab schwingt. Je länger die Beobachtung dauert, um so länger sind die Zeiten, in denen das Blau ganz verschwindet und nur schmutziges helles Gelb gesehen wird. Das Blau wechselt zwischen dunklem weichen Ton und härterem schmutzigen Himmelblau.

180° Gelb Nr. 4 + 180° Blau Nr. 12.

Vor gelbem Hintergrund dünnes Blau. Meistens deckt das Blau die ganze Fläche, Rand immer gelb. Blau verschwindet gelegentlich, es bleibt dunkle farblose Fläche, die sich im weiteren Verlauf zu dünnem, dunklem Schleier über dem gelben Hintergrund auflöst. Flimmerwirkung in der Form wie oben Grün + Blau.

180° Rot Nr. 2 + 180° Blau Nr. 12.

Es folgen abwechselnd: 1. Gelber Strom, darüber blaue Schicht. 2. Am Rand heller Kreis von schwachem verwaschenem Gelb, in der Mitte dunkler blauer Kern. 3. Kern wird zur Sichel. 4. Brodelnde Masse wie 1. 5. Blau erscheint rhythmisch wechselnd als Sichel und Kugel. 6. Dunkelblaue Kugel verschwindet plötzlich, es bleibt an ihrer Stelle vor gelbem Grund hellere blaue Fläche. 7. Flimmer durch Halbring, der rechts und links befestigt ist und im Winkel von 30° auf und ab schlägt.

180° Rot Nr. 2 + 180° Gelb Nr. 4.

Stark gelber Hintergrund, der in der Mitte getrübt durch Schatten von vielleicht ganz dünnem, schmutzigem Blau. Schatten ist abwechselnd kugelig und sichelförmig. Farbloser Halbring, rechts und links befestigt, schlägt auf und ab, zuweilen so weit, dass es scheint, er schlüge um die ganze gelbe Kugel herum. Dieser Schatten schlägt auch wohl als Stab von links auf und ab oder er erscheint als Tuch, das um die Mitte im Kreise geschlagen wird. Adhäsion des Hintergrundes gering, der beschattete Teil ist weicher, wärmer. Das Gelb ist unruhig, unangenehm aufdringlich.

Für ganz kurze Zeit wird der Schatten als Kreuz gesehen, als ob das um die Mitte geschwungene Tuch anhielte und die rechtwinklig geschnittenen Balken bildete.

180° Gelb Nr. 4 + 180° Grün Nr. 8.

Ganz schwach gelb, davor in wechselnder Gestalt sehr dünner Schatten, der für Augenblicke ganz verschwindet. Gelegentlich wird er zartes Blau. Das Gelb ist hart und kalt, die beschattete Stelle weicher und wärmer. Adhäsion gross. Das Ganze erscheint als feuriger Ball. Ab und zu rechts und links befestigter Halbring, der im Winkel von 45° auf und ab schwingt.

Vergleich von je drei Farbscheiben.

Hier werden die drei nachgenannten Scheiben noch einmal gleichzeitig nebeneinander zum Kreisen gebracht und dann vergleichsweise betrachtet.

I. 180° Blau Nr. 12 + 180° Grün Nr. 8

II. 180° Blau Nr. 12 + 180° Rot Nr. 2

III. 180° Blau Nr. 12 + 180° Gelb Nr. 4.

Stärkstes Blau bei II., stärkstes Gelb bei III. Das Gelb im Hintergrund bei I. ist schmutziger als bei III., es enthält mehr Weiss. Bei II. herrscht immer Blau. Alle drei haben die oben beschriebene Erscheinung des auf und ab schlagenden Halbringes, Ausschlag bei II. etwa 30°, bei I. und III. etwa 45°. Bewegung bei II. ruhig, angenehm, bei I. und III. unruhiger. Adhäsion bei II. viel grösser als bei I. und III. Das Gelb bei I. hat dieselbe Intensität wie bei III., es ist aber nicht so rein wie bei III., es ist, als ob bei III. das Gelb durch ein dünnes blaues Gewebe oder Netz durchschimmere.

IV. 180° Rot Nr. 2 + 180° Grün Nr. 8
V. 180° Rot Nr. 2 + 180° Gelb Nr. 4
VI. 180° Rot Nr. 2 + 180° Blau Nr. 12.

Reinstes Gelb bei V., bei IV. schwaches Gelb, bei VI. leicht durchsichtiges blaues Gewebe über gelbem Grund. VI ist brodelnde dickflüssige Masse, viel ruhiger als IV. und V. Adhäsion bei VI. sehr gross, bei IV. geringer, bei V. am geringsten. Auf- und Abschwingen des schattenhaften Stabes, der bei IV. links, bei V. rechts befestigt ist, bei VI. fehlt er. Bei IV. und V. ist der Eindruck der Kugelgestalt grösser als bei VI.

IV. und V. kalt, IV. auch hart, VI. weich und warm. Tiefenkohäsion bei V. und VI. ziemlich gleich gross (wie bei Sammet). Bei IV. ist die Tiefenkohäsion geringer (wirkt dünn wie Papier).

Im Traume spielt das Farbenleben eine ganz geringe Rolle. Ich träume sehr viel, habe auch vorwiegend visuelle Träume, aber aus den letzten zwei Jahren sind mir nur drei Traumerlebnisse bekannt, bei denen ich unterscheidbar deutlich Farben erlebte. Zweimal war es Blau, das sehr stark bemerkbar wurde, einmal daneben weniger stark Gelb. Das dritte Mal erlebte ich sehr kräftiges Violett mit Glanzcharakter. Im übrigen treten gelegentlich in den Träumen Farben auf, ich sehe auch wohl, wie im Wachzustande, einen chromatischen Ton, ohne dass aber der Ton bestimmt werden könnte. Das Farbige tritt dann immer hinter dem übrigen Traumerleben zurück.

E.S.O.P.

„E.S.O.P.“ sind subjektivierte und subjektive, ohne Mitwirkung von Lichtreizen entstandene Erscheinungen. Für eine experimentell wiederholbare und im einzelnen variierbare Erzeugung der E.S.O.P. sind demnach ganz besonders die folgenden Faktoren zu beachten: „Die ganz vollkommene Eindunkelung der Augen während einer jeden Versuchsreihe; die Herstellung einer bestimmten Hell-dunkel- und einer bestimmten chromatischen Adaptation für den Beginn einer jeden Versuchsreihe; das Fernhalten starker Lichtreize vor Beginn derselben; das Fernhalten irgendwelcher Druckreize auf die

Augen, auch eines nur geringen Blutandranges zum Kopfe, vor und während der Versuchsreihen; eine sorgfältige Bestimmung der allgemeinen Bewusstseinslage bei Beginn der Versuchsreihe, unter besonderer Beachtung aller gerade zur Auffassung sich drängenden Vorstellungselemente und unter Berücksichtigung der Gefühlslage; ein Fernhalten jeglichen Einflusses auf die unwillkürliche Aufmerksamkeit zur Feststellung der spontan sich darbietenden Erscheinungen und ihrer auffälligsten Eigenschaften; sowie ein Fernhalten jeder Störung und jeder besonderen Beeinflussung, auch ein gewissenhaftes Vermeiden des „Hineinfragens" bei einer willkürlich etwa auf die Helligkeit oder Färbung oder auf die Sehfeldsmitte oder auf andere Eigenschaften der Erscheinungen gerichteten Aufmerksamkeit"[1]).

Orientierende Versuche, die sich im wesentlichen auf Farbenerlebnisse bei der Beobachung von subjektiven optischen Phänomenen bezogen, hatten folgendes Ergebnis:

Zu Beginn der Versuche zeigt sich auf dem ganzen Feld dunkles Gelb. Es scheint vor gelbem Grund eine dünne schwarze Wand zu liegen, die durch winzig kleine Löcher gelbes Licht dringen lässt. Allmählich löst sich die nebelartige dunkle Wand auf und das gesamte Feld bekommt ein Gelb grösserer Helligkeit, und gleichzeitig wird meistens auch der Farbengrad grösser. In diesem Stadium pflegen dann Konfigurationen bemerkbar zu werden, die durchweg nur geringe Konstanz zeigen. Sie treten vorwiegend in Form eines Ringes auf, der Unterbrechungen bis zur Grösse eines halben Ringes zeigt. Der Ring hat gelegentlich in seiner ganzen Gestalt gleiche Helligkeit, die grösser ist als der dunklere Hintergrund, vor dem er zu liegen scheint. In dieser Form ist der Ring wie aus gewalztem flachen Metall. Dieses Gebilde verschwindet meist nach 1 bis 2 Sekunden. Von längerer Dauer ist die häufiger wiederkehrende Erscheinung, bei der der Ring erhaben erscheint. Die dunklere Fläche des Hintergrundes scheint dann etwas über den Rand des Rings zu greifen, wodurch der Ring den Eindruck des Gewölbten macht. Die von dem Ring eingeschlossene Fläche hat in ihrer Mitte einen dunklen, aber immer noch schwach gelben Kern. An den erwähnten Unterbrechungen löst sich der Ring mit abnehmender Helligkeit in den Hintergrund auf.

Die Gestalten der E.S.O.P. haben durchweg die Färbung des gelben Hintergrundes; sie heben sich vom Hintergrund nur dadurch ab, dass sie im ganzen oder auch in einzelnen Bestandteilen unterschiedliche Helligkeit oder verschiedenen Farbengrad haben. Andere Farben als Gelb sind in keinem Falle beobachtet. Es ergab sich auch niemals ein Eindruck, dem jedes Gelb fehlte, farblose Helligkeiten sind weder an den E.S.O.P.-Gestaltungen noch an dem Hintergrund wahrgenommen.

---

[1]) R. H. Goldschmidt, „Beobachtungen ...", a. a. O., S. 324.

Biographische Mitteilung über die Bedeutung der Farbenanomalie.

Schon oben wurde darauf hingewiesen, wie sehr das Studium der Farbenanomalien dadurch erschwert wird, dass zu wenig darüber bekannt ist, wie eigentlich der Farbenuntüchtige seine Farben erlebt. Es wird deshalb für die vorliegende Arbeit auch von Interesse sein zu wissen, wie sich bei unserer Versuchsperson der Zustand des Rotgrünverwechselns geäussert hat. Die folgenden Darlegungen darüber, welche Rolle die Farbenerlebnisse bisher in ihrem Leben gespielt haben, sollen auch die Sicherheit geben, dass durch die systematische Untersuchung nicht eine neue Betrachtungsweise erzeugt oder aufgezwungen wird.

Mein Vater ist und meine verstorbene Mutter war durchaus farbentüchtig. Ein älterer Bruder ist farbenschwach, aber in geringerem Grade als ich, eine jüngere Schwester und ein jüngerer Bruder zeigen keine Störungen des Farbensinns. Ueber die Farbentüchtigkeit meiner längst verstorbenen Grosseltern konnte ich nichts ermitteln.

Meine Unsicherheit in der Bestimmung von Farben ist mir, soweit ich mich erinnern kann, zuerst etwa um das zehnte Lebensjahr bewusst geworden. Immer mehr häuften sich die Fälle, dass ich mit meinem Urteil über Farben in der Natur oder auf Bildern und Stoffen von dem Urteil anderer abwich, und dass ich besonders bei rot, grün und braun nie zu einem sicheren Urteil kam. Ich glaubte mehrere Jahre lang, es handele sich um einen Fehler, der durch mangelnde Uebung entstanden sei, und das um so mehr, als die Erwachsenen meiner Umgebung, besonders mein Vater, derselben Meinung waren. Wiederholte Uebungen ärgerten wegen ihres dauernden Misserfolges meinen Vater. In der Schule ist meiner Erinnerung nach mein Zustand niemals aufgefallen; wenn im Unterricht Farben zu bestimmen waren, habe ich mir mit einem Gefühl grossen Unbehagens kümmerlich durchgeholfen. Auf den Gedanken, dass es sich um einen der Uebung nicht zugänglichen Fehler in der Anlage handeln könne, kam ich dadurch, dass ich mit einem ebenfalls farbenunsicheren älteren Bruder aufwuchs, und uns eine jüngere Schwester, ein jüngerer Bruder und andere jüngere Spielgenossen bald an Farbenunterscheidungsvermögen übertrafen. Störungen für das praktische Verhalten ergaben sich zunächst kaum, höchstens dass ich in Verlegenheit geriet, wenn ich einen nach der Farbe der Kleidung bestimmten Menschen aus der Menge nicht erkennen konnte. Ich habe in solchen Fällen meistens darum gebeten, an Stelle des Farbtons Helligkeitsunterschiede anzugeben. Hauptsächlich deshalb, weil ich das Uebel für einen selbst verschuldeten Mangel der Erziehung hielt, empfand ich bei meinem Versagen stets eine Art Beschämung und gab mir dann Mühe, dem Fehler abzuhelfen. Ich fand kein anderes Mittel, als Erinnerungsbilder von charakteristischen Farben festzuhalten und bei Bestimmung einer Farbe zu vergleichen. Als rot hielt ich die Farbe in der schwarz-weiss-roten Reichsflagge und das Rot der Rose fest, für das Grün gab mir den Anhalt die frische grüne Wiese. Rosen- und Flaggenrot und Wiesengrün sind denn auch bis heute meine Merkfarben geblieben, wenn ich damit auch nicht viel gewonnen habe. Die Schwierigkeit in der Anwendung dieser Merkfarben wird dadurch so gross, dass ich sie als Erinnerungsbilder nur schwer auseinanderhalten kann. Es will mir meistens nicht gelingen, in

der Vorstellung den Farbenton der Wiese von dem des Flaggenrots zu unterscheiden. Das einzige Unterscheidungsmerkmal gegenüber dem Grün ist die grössere Sättigung des Flaggenrots. Gelingt es mir schon nicht, die Farben in der Vorstellung zu unterscheiden, so stehe ich vor noch grösserer Unsicherheit, wenn ich eine dritte Farbe vor mir habe, mit der ich jene vergleichen soll. Der grössere oder geringere Sättigungsgrad ist dann für mein unsicheres Urteil massgebend. Eine besondere Schwierigkeit für dem Rosenrot ähnliche Farbtöne ergibt sich daraus, dass diese Farben mit den dunklen blauen Tönen zusammenfallen. Das ist besonders in der Dämmerung und bei künstlicher Beleuchtung der Fall.

Es mag besonders darauf hingewiesen werden, dass ich die vorgestellten Merkfarben, wenn ich sie auch nicht oder kaum unterscheiden kann, doch chromatisch erlebe. Eine Verwechslung mit Grau kommt dabei nicht in Frage. Eine Unsicherheit, ob nicht etwa Grau vorliegt, ergibt sich nur bei sehr hellen oder sehr dunklen Farben, wobei aber die stark schwarzhaltigen Farbtöne schwerer als chromatisch erkannt werden als weisshaltige.

Nach diesen Erfahrungen hatte es keinen Zweck, neben den genannten Merkfarben etwa noch andere zu behalten. Gelegentliche Hinzunahme des roten Ziegeldaches, der roten Erdbeeren, grüner Baumblätter, blühender Geranien oder der Blätter der Rotbuche und dergleichen mehrten nur die Verwirrung.

Die Hilfen, die ich mir geschaffen habe, sind hiernach recht dürftig, bessere habe ich nicht gefunden. Zu den erwähnten Störungen im praktischen Verhalten kamen mit dem Heranwachsen andere. Im naturkundlichen Unterricht (Botanik, Zoologie und besonders Chemie) war die Farbenunsicherheit ebenso hinderlich wie im erdkundlichen Unterricht, wo ich beim Lesen und Behalten von farbigen Karten Schwierigkeiten hatte. Noch jetzt ist es oft nötig, dass ich Landesgrenzen nach den punktierten Linien aufsuche, weil die verschiedenen Farben, die zur Hervorhebung der politischen Grenzen benutzt sind, mir nicht auffallen. Beim Erdbeerensuchen hatte ich im vergangenen Jahre wenig Erfolg, ich musste ganz nahe zusehen und die Pflanzen betasten, während die roten Beeren meinen acht- und neunjährigen Nichten von weitem entgegenleuchteten.

Aehnliche Beobachtungen von geringerem Reizwert farbiger Flächen bei kleinem Gesichtswinkel habe ich wiederholt in der Landschaft gemacht. So sah ich an einem hellen Sonnentage im Schwarzwald in etwa 400 bis 500 m Entfernung ein angeblich knallrotes ganz neues Ziegeldach erst, als ich aufmerksam gemacht wurde. Auch dann hob es sich aus der grünen Umgebung kaum heraus. Bei der Unterscheidung farbiger Eisenbahnsignallaternen habe ich trotz vieler Versuche keine Erfolge gehabt. Nur bei grosser Annäherung gelang mir gelegentlich die Bestimmung, wenn ich die grössere Sättigung oder die geringere Helligkeit des Rot beachtete.

Mit siebzehn Jahren wurde ich aus bestimmtem Anlass von einem Arzt mit Wollproben auf Farbensicherheit geprüft. Ich habe dabei Fehler gemacht, bestand aber doch die Prüfung, der Arzt half mir nach, wenn ich einen Versager hatte. Ich hatte den Eindruck, dass der Arzt in seinem Urteil, ob Farbenschwäche bei mir vorliege, unsicher war.

Ebenso deutlich wie bei den bisher erörterten Fragen des praktischen Verhaltens wurde mir mein Zustand überall da, wo es sich um ästhetische Wirkung von Farbenzusammenstellungen handelte. Hier zeigte es sich bald, dass Natur, Werke der Malerei und Weberei auf mich einen anderen Eindruck machten als auf Farbentüchtige. Fanden auch von mir bevorzugte Farbenzusammenstellungen fast immer bei Farbentüchtigen Billigung, so musste ich doch andererseits manches ablehnen, was Farbensichere übereinstimmend als schön bezeichneten. Der Grund liegt, wie

ich annehme, darin, dass bei allen Kombinationen von Rot, Grün, Violett und Braun in ihren geringeren Sättigungsgraden die Farben wohl unterschiedlich schwach empfunden werden, dass sie aber doch nicht lebhaft genug sind, um sich gegeneinander scharf abzuheben. Es ergeben deshalb solche Zusammenstellungen ein Gefühl der Unruhe, das zum Teil auch aus dem Bewusstsein kommen mag, dass ich mich bei der Bestimmung der Farben nicht durchfinde. Besonders, wenn sie in kleiner Fläche vereinzelt auftreten, gehen diese Farben leicht in Grau über. Bei der Häufung kleiner farbiger Flächen, die weder kräftiges Gelb noch Blau enthalten, entsteht bei annähernd gleicher Helligkeit der Eindruck einer indifferenziert chromatischen, schmutzigen Fläche. So gefiel mir ein im übrigen vornehm ausgestattetes Musikzimmer nur deshalb nicht, weil Teppich und Polsterbezug mir verschossen erschienen. Zu meinem Erstaunen musste ich gelegentlich erfahren, dass Teppich und Polsterbezug erst wenige Jahre vorher angefertigt waren und von Farbentüchtigen bezaubernd schön gefunden wurden. Es handelte sich um vereinzelte rote Rosen auf grauem Grund. Für andere leuchten die Rosen angeblich lebhaft heraus, für mich heben sie sich nur als schmutzige, dunkle Flecke von dem helleren Untergrund ab. Der Eindruck war für mich ebenso, als wenn jemand mit schmutzigen Schuhen auf dem Teppich gewesen sei.

Ich kann gut für Jahre zurückverfolgen, dass ich ungesättigte Farben immer abgelehnt und Kontraste stark gesättigter Farben bevorzugt habe. Lichtdurchflutete impressionistische Malerei mit ihren verschwimmenden Farben sagt mir deshalb nicht zu. In diesen Bildern mit den aufgelösten Konturen sind für mich Gestalten viel schwerer zu erkennen als für Farbentüchtige. Aehnliche Beobachtungen machte ich an der See. Wenn der Mond sein Licht auf das dunkle Wasser warf oder die untergehende Sonne, dann empfand ich mit anderen gleich. Ein Mitempfinden war mir aber unmöglich, wenn Farbentüchtige an hellen Tagen die verschiedensten Farben auf dem Wasser sahen und von der Farbenpracht entzückt waren. Für mich war das Wasser gleichfarbig, ich sah nur geringe Helligkeitsunterschiede. Der Glanz der Wasseroberfläche nahm mich derart in Anspruch, dass die Farbe des Wassers nur bei besonderer Einstellung der Aufmerksamkeit und dann nur ganz schwach wahrgenommen wurde. Für eine Unterscheidung der Farbennuancen war auch dann noch der Glanz hinderlich, der wie eine besondere Schicht auf dem farbigen Wasser lag. Auch bei Webwaren bevorzuge ich einfarbige Stoffe kräftiger Tönung oder hell- und sattfarbig gestreifte.

Im übrigen hat für mich, wie ich immer wieder beobachten kann, beim praktischen Verhalten und ästhetischen Geniessen die Form eine viel grössere Bedeutung als beim Farbentüchtigen. Wenn nicht scharfe Helligkeitsunterschiede oder für mich sicher erkennbare Gelb oder Blau gegeben sind, treten beim Beschreiben von Gegenständen oder Personen mathematische oder zeichnerische Bestimmungen an die Stelle der Farben. So fand ich mich einmal bei einer Untersuchung nach den Podestàschen Farbentafeln in einigen Fällen von Rotgrünzusammensetzungen zurecht, weil an der Stelle des Zusammentreffens beide Farben sich nicht überall gut anfügten, so dass kleine helle Lücken entstanden, die gleichzeitig anwesenden Farbentüchtigen erst nach meinem Hinweis auffielen.

Gegenüber Werken der Malerei zeigt sich die Abhängigkeit von der Form dadurch, dass ich mehr als der Farbentüchtige auf inhaltsvolle Formen angewiesen bin. Oft habe ich in der Aussprache feststellen können, dass es mir nicht in dem Maße wie dem Farbentüchtigen möglich ist, der absoluten Malerei in der Art eines Kandinsky zu folgen. Wenn ein Farbton an einer naturhaften Form für mich noch gefühlsbetont sein kann, so ist er es in absoluter Gegebenheit nicht in dem Maße wie bei manchem Farbentüchtigen, mit dem ich mich besprach.

Auch bei den oben besprochenen Flimmerversuchen an kombinierten Farbenscheiden zeigte sich, dass ich weit mehr als andere Versuchspersonen Formen beschrieb, statt farbiger Eindrücke. Auf diese musste ich die Aufmerksamkeit besonders einstellen, während Veränderungen der Form aufdringlich hervortraten.

Wie unzweckmässig die Verwendung von Rot und Grün in der Reklame ist, möge folgende Tatsache zeigen. Auf dem Dach eines Strassenbahnwagens befindet sich ein grosses Schild roter Fläche mit einem grünen Reklamewort. In den meisten Belichtungen ist für mich auf der Fläche nichts zu sehen, nur wenn das Licht seitlich auffällt und ich nahe daran stehe, erscheinen die Buchstaben aufgelegt und dunkler als der Grund, und nur dann wird das Wort lesbar.

Auch zur Regelung des Strassenverkehrs in Großstädten sollte man Rot und Grün als Signalfarben nicht verwenden. Wenn die Eisenbahn an diesen Farben festhält, so versucht sie doch wenigstens sich durch Prüfung ihrer Beamten auf Farbentüchtigkeit zu schützen. Im öffentlichen Strassenverkehr, wo eine Ausscheidung farbenuntüchtiger Kraftwagenführer nicht vorgenommen wird und nicht möglich ist, liegen deshalb in dem Gebrauch von Rot und Grün noch grössere Gefahrquellen als bei der Eisenbahn.

Uebungstherapeutische Erfolge.

Nach der mehrjährigen Beschäftigung mit Farben, wie sie die Beschaffung der Unterlagen für die vorliegende Arbeit mit sich gebracht hat, liegt die Frage übungstherapeutischer Erfolge nahe. Ganz allgemein kann ich sagen, dass die früher vorhandene sehr starke Abneigung gegen jede Berührung mit Farben und vor allem gegen jede Aufgabe, die eine Aeusserung über mein Farbenerleben erforderte, sich erheblich gemildert hat. Bei Beginn der systematischen und mehr noch bei gelegentlichen früheren Versuchen im psychologischen Institut fühlte ich jedesmal ein grosses Unbehagen, wenn ich zu Aeusserungen über Farberlebnisse aufgefordert wurde. Alle Farben ausser kräftigem Gelb und Blau und vielleicht noch lebhaftem Rot gehörten für mich unterschiedslos zu den Dingen, mit denen ich mich nicht gern beschäftigte. Wie ich schon oben ausgeführt habe, hatte ich zur Bestimmung keine Hilfen ausser den Gedächtnisfarben Flaggenrot und Wiesengrün gefunden. Erst nach längerer systematischer Arbeit gingen mir die Attribute der Farbeindrücke immer deutlicher auf, die Aeusserung darüber wurde zunehmend sicherer und deutlicher und immer mehr konnte ich sie für die Bestimmung der Farben verwenden. Gelb, Gelborange und die gelbgrünen Farbtöne wurden früher von mir kaum unterschieden. Jetzt hilft die geringe Adhäsion des Gelb zu seiner Unterscheidung von den mit Gelb gemischten Farben. Auch die gefühlsmässige Wirkung des reinen Gelb als schreiender Farbe kann als Unterscheidungsmerkmal von den weniger unlustbetonten Mischfarben des Gelb dienen. Violett wird erst jetzt nach den Uebungen von Blau durch seine festere Flächenkohäsion und durch seinen Glanzcharakter unterschieden. Schwieriger war das Auffinden von Hilfen zur Unterscheidung von Rot und Grün. Am meisten Erfolg habe ich mit einer Prüfung nach der Festigkeit der Flächen- und Tiefenkohäsion. Rot mit seiner grösseren Raumtiefe und festeren Flächenfügung wird nach zahlreichen Feststellungen jetzt sicherer von Grün unterschieden als vor diesen Uebungen. Das gilt namentlich, wenn es sich um farbige Flächen gleichen Oberflächencharakters mit den Ostwaldschen Tafeln handelt. Zweifelhafter wird der Wert aller dieser Hilfen, wenn es sich um farbige Flüssigkeiten, Metallfarbe, polierte Hölzer oder sonst spiegelnde Flächen handelt. Hier habe ich, wie das oben für die Meeresfläche

beschrieben ist, den Eindruck, als ob sich zwischen Farbe und Auge eine Schicht lagere, durch die ich hindurch muss, die aber bei ihrer starken Helligkeit das Erleben der reinen Farbe behindert. Nach gelegentlichen Beobachtungen namentlich an seidenen Stoffen nehme ich aber an, dass auch hier bei längerer Uebung sich grössere Sicherheit ergeben wird.

R. H. Goldschmidt teilt einen Fall mit, wo durch Uebung auf eine Prüfung über Farbentüchtigkeit vorbereitet worden ist. „Neuerdings hat auch Herr Prof. Dr. Meyer-Steineg (Jena) bei Fällen von Farbensinnstörungen übungstherapeutische Versuche mit Holmgrenschen Wollproben gemacht, worüber er am 3. November 1917 mündliche Mitteilung zu machen die Freundlichkeit hatte. Dabei erwähnte er besonders einen „Fall ausgesprochener Farbenschwäche", dessen Farbsehleistung durch Uebung in der Beschreibung und Wiedererkennung Holmgrenscher Wollproben sich so sehr hätte steigern lassen, dass hiernach die „Farbsinnprüfung zur Aufnahme in die Marine" bestanden worden wäre"[1]). Nach meinen Erfahrungen nehme ich an, dass bei solcher Einübung auf Bestimmung farbiger Eindrücke die oben von mir erwähnte Hilfe durch Ausnutzung der Attribute der Farbeindrücke (vielleicht unbewusst) eine Rolle gespielt hat.

Besonders schwierig bleibt auch heute noch die Bestimmung des Farbtons bei grosser oder geringer Helligkeit. Ich habe vor mir eine Gaslampe, um deren Kuppelrand sich ein Behang aus grünen und roten Perlen zieht. Wenn das Gaslicht durch die Perlen strahlt, sehe ich bei den roten wie bei den grünen Perlen einen gleichmässigen, leicht gelblichen Farbton, trotzdem die an Zahl geringeren roten Perlen dicker sind als die grünen. Dasselbe beobachte ich auch heute noch bei Eisenbahnlichtern. In grosser Entfernung kommt für mich eine Unterscheidung roten und grünen Lichtes überhaupt nicht in Frage, in sehr grosser Nähe gelingt die Erschliessung des Farbtons mit Hilfe der oben angegebenen Attribute schon leichter.

Da der Farbton nicht unmittelbar erfaßt, sondern erst erschlossen wird, brauche ich zur Erlangung von einiger Sicherheit über mein Urteil stets längere Zeit als ein Farbentüchtiger. Das gilt schon für gelbe und blaue Töne, bei denen ich doch immer zu prüfen habe, ob nicht etwa eine Mischfarbe vorhanden ist (Gelborange, Orange, Gelbgrün, Violett). Besonders aber zeigt sich die Verlangsamung des Farbenerkennungsvorganges bei allen anderen Farben ausser reinem Gelb und Blau. Hier habe ich die verschiedenen Attribute durchzuprüfen, ich nehme die farbige Fläche frontal oder schräg, schliesse wohl auch die Augen halb oder lasse den halbgeschlossenen Zustand mit offenen Augen in schneller Folge wechseln. Dabei quillt Rot gelegentlich leicht auf, es tritt mehr oder weniger starke Flimmerwirkung auf, die farbige Fläche scheint der Oberfläche einer unruhigen Flüssigkeit gleich. Bei benachbartem Blau oder Grün zu Rot ist das Flimmern verstärkt. Auf einem Reklameschild roten Grundes mit blauer Schrift hatte ich, als das Schild neu und die Farbe noch ganz frisch war, bei hellem Wetter so starken Flimmer, dass mir schon nach einem Hinsehen von nur 30 Sekunden die Augen derart schmerzten, dass ich mich abwenden musste. Dasselbe erlebe ich bei gestrickten Wollstoffen, wenn sich durch blauen Grund rote Streifen ziehen.

Wenn man unter den Männern auch nur 6% Farbenschwäche annimmt, so dürfte es doch angebracht sein, wenn sich die Schule mehr als bisher um diese bekümmert. Jeder Zweig naturwissenschaftlichen Unterrichts wird zur Erkennung von Farbenschwäche Anhalt geben können, besonders führt dazu der Zeichenunterricht. Hier ist in Preussen dafür um so mehr Raum, als nach der Neu-

[1]) R. H. Goldschmidt, „Uebungstherapeutische Versuche...", S. 203, Anm. 3.

ordnung des preussischen höheren Schulwesens (vgl. die Denkschrift des preussischen Ministers für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung, Berlin 1924) die „technischen“ Fächer, besonders auch der Zeichenunterricht, aus ihrer Winkelstellung befreit werden sollen. Hier sind gegenüber den Farbenschwachen Aufgaben gestellt, die nicht weiter vernachlässigt werden dürfen. Wenn von Zeichenlehrern über mangelndes Verständnis bei malerischen Uebungen einzelner Schüler geklagt wird, wenn der Zeichenlehrer entsetzt ist über den „Geschmack“ eines Schülers in der Komposition von Farben, so wird es sich in solchen Fällen sicher oft um Farbenschwache handeln. Voraussetzung für eine Besserung ist es natürlich, dass der Zeichenlehrer nicht nur als Künstler an seine Aufgabe geht, dass er nicht nur seinen vermeintlich besseren Geschmack dem Schüler rein gefühlsmässig zu vermitteln sucht, sondern dass er psychologisch so weit geschult ist, um sein eigenes Urteil über den Farbeindruck analysieren und den farbenschwachen Schüler führen zu können. Wenn der Farbenschwache durch methodische Anleitung im Farbensehen auch nur einige therapeutische Erfolge hat und so seine Abneigung gegenüber Farben überwindet, dann kann die Schule mit diesem Erfolge sich begnügen.

Versuche mit Goldschmidts Halbgrünbrille.

Während der Arbeit im Laboratorium benutzte die Versuchsperson vielfach eine von Professor Dr. phil. et. med. R. H. Goldschmidt angegebene und hergestellte Brille, deren Gläser in der oberen Hälfte grünes Glas, in der unteren Hälfte Klarglas haben. Die Trennungslinie zwischen grünem und klarem Glas verläuft horizontal mitten durch die Pupille. Diese Scheidung der Brille in eine obere und eine untere Hälfte wurde hauptsächlich aus technischen Gründen gewählt, weil die Herstellung einfacher ist als bei der sonst von Goldschmidt angewendeten Klarsichtbrille. (Beschrieben in der Z. f. ang. Psych. Bd. 18, 1921.)

Ein derartig zusammengestelltes Brillenglas ermöglicht es, in schnellem Wechsel den grünen oder den klaren Teil des Glases zu benutzen und die dabei gewonnenen Eindrücke unmittelbar nebeneinander zu vergleichen. Bei Benutzung des grünen Teils macht dem Farbenschwachen eine sofortige Unterscheidung von Grün und Rot keine Schwierigkeiten. Versuche mit einem längeren Tragen der Brille sollen noch gemacht werden, sobald sich die Brille wird beschaffen lassen. Zur Herstellung einer wetterbeständigen Brille fehlten bis jetzt die Mittel; bei den im Laboratorium benutzten Gläsern war Gelatine aufgeklebt. Doch genügen bereits die vorliegenden kurzen Erfahrungen zu der sicheren Vermutung, dass sich bei längerem Tragen Uebungserfolge zeigen werden. Zu der Steigerung der Sehleistung durch Ausnutzung der unterschiedlichen Absorptionsverhältnisse während des Brillentragens wird dann die Benutzung der Attribute der farbigen Eindrücke hinzukommen. Es ist möglich, dass auch nach Absetzen der Brille die einmal erworbene Uebung bestehen bleibt, da mit Hilfe des Brillentragens eine bessere Kenntnis derjenigen Farbenattribute gewonnen ist, die von den Absorptionsverhältnissen unabhängig sind.

Sobald eine dauerhafte Halbgrünbrille vorliegt, wird der Uebungserfolg, der sich beim Tragen zeigt, quantitativ zu bestimmen sein.

Unsere Versuchsperson hatte während des Tragens der Brille solche Hilfe beim praktischen Verhalten gegenüber Farben, dass sie danach verlangte, ständig die Vorteile nutzen zu können. Einstweilen gebraucht sie ein rotes Einglas, das sie dauernd mit sich führt, da es eine schnelle Unterscheidung von Grün und Rot ermöglicht. Das Glas musste leider etwas dunkel gewählt werden, damit es den gewünschten reinen Ton hat; besonders für weitere Entfernungen wäre aber ein hellerer Ton vorteilhafter. Bei der spektroskopischen Untersuchung schneidet das jetzt verwendete Glas aus dem Spektrum ein einziges zusammenhängendes Band heraus, das nach der ultraroten Seite hin innerhalb des Rot, nach der entgegengesetzten Seite hin bei Beginn der gelben Töne begrenzt wird. Rotes Glas wird nur deshalb gewählt, weil es leichter käuflich zu erhalten ist als grünes Glas; dieses würde sonst vorgezogen werden, da es bei der Durchsicht angenehmer ist.

Auszug aus dem Verzeichnis der benutzten Literatur.

Aubert, „Physiologie der Netzhaut", 1865.

Aubert, „Grundzüge der physiologischen Optik", 1876.

Bagley, „An investigation of Fechner colours", American Journal of Psychology, Bd. 8 (4), 1902, S. 485—488.

Baumann, „Beiträge zur Physiologie des Sehens", P. A. Phys., Bd. 146, S. 543 und Bd. 166, S. 212.

O. Becker, „Ein Fall von totaler einseitiger Farbenblindheit", A. f. O., Bd. 25 II, S. 205.

Berliner, „Untersuchung der Farbenerregung", Psych. Stud., Bd. III, S. 95 ff.

Bezold, „Ueber das Gesetz der Farbenmischung und die physiol. Grundfarben", Pogg. Ann., Bd. 150, S. 137 ff.

Bidwell, „On the negative after-images following brief retinal excitation", Proceedings of the Royal Society of London, Vol 61, 1907.

Brentano, „Untersuchungen zur Sinnespsychologie", 1907.

Brener, „Ueber den Einfluss des Makulapigmentes auf Farbengleichungen", Z. Ps. 13, S. 464.

Brückner und Kirsch, „Untersuchungen über die Farbenzeitschwelle", Z. Ps. II, Bd. 46.

M. Büchner, „Ueber das Ansteigen der Helligkeitserregungen", Psych. Stud., Bd. II, 1907.

O. B. Bull, „Studien über Lichtsinn und Farbensinn", A. f. O., Bd. 27, S. 54 ff.

J. Cohn, „Experimentelle Untersuchungen über die Gefühlsbetonung der Farben, Helligkeiten und ihrer Kombinationen".

F. I. B. Cordeiro, „Ueber Farbenempfindung", Z. Ps. II 42, 1908, S. 379.

L. M. Day, „The effect of illimination on peripheral vision", The American Journal of Psychology, Vol. 23, 1912, S. 533.

Dobrowolskie, „Ueber die Empfindlichkeit gegen Spektralfarben auf der Peripherie der Netzhaut", P. A. Phys. 12, 1876.

Donders, „Ueber Farbensysteme“, A. f. O., Bd. 27 I, 1881, S. 155.
Donders, „Noch einmal die Farbensysteme“, A. f. O., Bd. 30 I, 1884, S. 15.
F. C. Donders, „Farbengleichungen“, Du Bois-Reymonds Archiv 1884, phys. Abt., S. 533.
Dreher, „Meth. Untersuchungen der Farbtonänderungen homogener Lichter bei zunehmend indirektem Sehen und veränderter Intensität“, Z. Ps. II, Bd. 46.
E. Dürr, „Ueber das Ansteigen der Netzhauterregungen“, Bd. 18, 1903, Phil. Stud.
Ebbinghaus, „Theorie des Farbensehens“, Z. Ps. 5, S. 145 ff.
Ebbinghaus, „Grdz. d. Psychologie“, I. und II. Bd.
Ebbinghaus, „Abriss der Psychologie“, Tübingen 1912.
C. E. Ferree und G. Rand, „Ueber die Bestimmung der Sensibilität der Retina für farbiges Licht in radiometrischen Einheiten“, Z. Ps., Bd. 46.
C. E. Ferree und G. Rand, „Description of a Rotary Campimeter“, American Journal of Psychology 23 (3), 1912.
A. Fick, „Zur Theorie des Farbensinnes bei indirektem Sehen“, P. A. Phys., Bd. 41, S. 274.
I. Fröbes, „Lehrbuch der exper. Psychologie“, 1912.
W. v. Goethe, „Farbenlehre“, Tübingen 1810.
R. H. Goldschmidt, „Beobachtungen über exemplarische, subjektive, optische Phänomene“, Z. Ps. 76, S. 289.
R. H. Goldschmidt, „Quantitative Untersuchungen über positive Nachbilder“, Psych. Stud. 6, S. 160.
R. H. Goldschmidt, „Die Frage nach dem Wesen des Eigenlichtes“, Psych. Stud. 10, Heft II, 1916.
R. H. Goldschmidt, „Psychologische Ratschläge zur Erleichterung des Studiums“, Münster i. W., 2. Aufl., 1919.
R. H. Goldschmidt, „Uebungstherapeutische Versuche zur Steigerung der Farbentüchtigkeit eines anomalen Trichromaten“, Ztschr. f. Sinnesphys. 1919, Bd. 50, S. 192.
R. H. Goldschmidt, „Klarsichtbrillen“, Z. f. ang. Psych. XVIII, 1921.
R. H. Goldschmidt, „Rückblick auf Nachbildtheorien ...“, Archiv f. ges. Psych., Bd. 42.
R. H. Goldschmidt, „Grössenschwankungen gestaltfester, urbildverwandter Nachbilder und der Emmertsche Satz“, Archiv f. ges. Psych. 1923, Bd. 44, Heft 1/2.
K. Grunert, „Ueber angeborene totale Farbenblindheit“, A. f. O., Bd. 56, S. 132 ff.
A. Guttmann, „Anomale Nachbilder“, Z. Ps., 57. Bd., 1910.
A. Guttmann, „Ein Fall von Grünblindheit (Deuteranopie) mit ungew. Komplikationen“, Z. Ps. II, Bd. 41, S. 45.
A. Guttmann, „Untersuchungen an sog. Farbenschwachen“, 1. Kongr. f. Psych. 1904.
A. Guttmann, „Farbensinn und Malerei“, 3. Kongr. f. Psych. 1909, S. 234—236.
A. Guttmann, „Untersuchungen über Farbenschwäche“, Z. Ps., Bd. 42, 1908, S. 24.
C. A. Hegener, „Ueber angeborene einseitige Störungen des Farbensinnes“, Ztschr. f. Sinnesphysiol., Bd. 49, 1914, S. 18—28.
W. Hellpach, „Die Farbenwahrnehmung im indirekten Sehen“, Phil. Stud., Bd. 15, 1898.
H. Helmholtz, „Handbuch der Physiol. Optik“ 1867.
H. Helmholtz, „Handbuch der Physiol. Optik“ 1909.

Henning-Rönne, „Ueber angeborene unvollständige Dichromasie...“, Kl. Monatsbl. f. Augenheilkunde, Bd. 58, S. 41 ff.

E. Hering, „Die Untersuchung einseitiger Störungen des Farbensinnes mittels binokularer Farbengleichungen“, A. d. O., Bd. 36 III, S. 1.

E. Hering, „Grundzüge der Lehre vom Lichtsinn“, Leipzig 1905.

E. Hering, „Prüfung der sog. Farbendreiecke mit Hilfe des Farbensinnes exzentrischer Netzhautstellen“, P. A. Phys., Bd. 47, S. 417.

E. Hering, „Ueber die Hypothesen zur Erklärung der peripheren Farbenblindheit“, A. f. O., Bd. 35, S. 63 ff.

E. Hering, „Ueber Ermüdung und Erholung des Sehorgans“, A. f. O., Bd. 37, Heft III, S. 1.

E. Hering, „Ueber individuelle Verschiedenheiten des Farbensinnes“, Lotos N. F., Bd. 5, S. 142.

E. Hering, „Untersuchung eines total Farbenblinden“, P. A. Phys., Bd. 49, S. 563.

E. Hering, „Zur Erklärung der Farbenblindheit aus der Theorie der Gegenfarben“, Lotos N. F. I., 1880.

C. Hess, „Exp. Untersuchungen über die Nachbilder bewegter leuchtender Punkte“, A. f. O., Bd. 44, S. 445.

C. Hess, „Ueber den Farbensinn bei indirektem Sehen“, A. f. O., Bd. 35, 4, S. 20.

C. Hess, „Ueber die Tonänderungen der Spektralfarben durch Ermüdung der Netzhaut mit homogenem Licht“, A. f. O., Bd. 36, 1890, S. 1.

C. Hess, „Untersuchungen eines Falles von halbseitiger Farbensinnstörung“, A. f. O., Bd. 36 III, S. 24, 1890.

F. Hillebrand, „Ueber die spez. Helligkeit der Farben“. Im Sitzungsbericht der Kais. Akademie der Wissenschaften in Wien. Mathem. Naturw. Klasse, Abt. III, Febr. 1889, S. 88 ff.

Hippel, „Ein Fall von einseitiger kongenitaler Rotgrünblindheit...“, A. f. O. 26, II. Abt., S. 176.

Hippel, „Ueber einseitige Farbenblindheit“, A. f. O., Bd. 27 III, S. 47.

Hochacker, „Die geschichtliche Entwicklung des Farbensinnes“, Innsbruck 1884.

Hoffmann, „Untersuchungen über den Empfindungsbegriff“, A. f. Ps., Bd. 26, 1913.

P. Hohmut, „Beiträge zur Kenntnis der Nachbildererscheinungen“, A. f. Ps., Bd. 26, S. 181, 1913.

Holmgren, „Ueber die subjekt. Farbenempfindung der Farbenblinden“, Centralblatt f. d. med. Wissenschaft 1880, S. 898—913.

S. Jacobssohn, „Ueber subjekt. Mitten verschiedener Farben auf Grund ihres Kohärenzgrades“, Z. Ps., Bd. 43, S. 40 ff.

W. James, „Psychologie“, L. und F. f. S. 41.

Ll. W. Jones, „Untersuchungen über die Reizschwelle für Farbensättigung bei Kindern“, Veröffentlichungen des Instit. f. exp. Pädag. d. Leipziger Lehrervereins, Bd. II.

D. Katz, „Versuche über den Einfluss der Gedächtnisfarben auf die Wahrnehmungen des Gesichtssinnes“, Zentralbl. f. Psychol. 20 (16), 1908.

D. Katz, „Die Erscheinungsweise der Farben und ihre Beeinflussung durch die individuelle Erfahrung“, Z. Ps. Erg., Bd. 7, 1911.

A. Kirschmann, „Beiträge zur Kenntnis der Farbenblindheit“, Phil. Stud., Bd. 8, 1893.

A. Kirschmann, „Die Farbenempfindung im indirekten Sehen“, Phil. Stud., Bd. 8, S. 592.

A. Kirschmann, „Normale und anomale Farbensysteme“, A. f. Ps., S. 391 bis 424, 1906.
A. Kirschmann, „Ueber die quantitativen Verhältnisse des simultanen Helligkeits- und Farbenkontrastes“, Phil. Stud., Bd. 6, S. 491.
A. Kirschmann, „Ueber die Herstellung monochromatischen Lichtes“, Phil. Stud., Bd. 6, Heft 4.
A. Kirschmann, „Ueber die Herstellung monochromatischen Lichtes in grösseren Flächen“, Psychol. Stud., Bd. 10, 1915, S. 185 ff.
W. Kobelt, „Untersuchungen über die Farbenunterschiedsempfindlichkeit bei Schulkindern“, Veröffentlichungen des Instituts für exper. Pädagogik des Leipziger Lehrervereins, 5. Bd., Heft 1.
J. Köhler, „Der simultane Farben- und Helligkeitskontrast, mit besonderer Berücksichtigung des sog. Florkontrastes“, A. f. Psych. II, 1904, S. 422 ff.
H. Köhler, „Beiträge zur Pathologie des Farbensinnes“, Ztschr. f. Augenheilkunde, Bd. 21, S. 193 und 309.
H. Köllner, „Die Störungen des Farbensinnes, ihre klinische Behandlung und ihre Diagnose“, Berlin 1912.
B. König, „Die Funktion der Netzhaut beim Sehakt“, Z. Ps. II 42, 1908, S. 424.
A. König, „Zur Kenntnis dichromatischer Farbensysteme“, A. f. O., Bd. 30 II, S. 155.
König und Diterici, „Die Grundempfindungen in normalen und anomalen Farbensystemen und ihre Intensitätsverteilung im Spektrum“, Z. Ps. 4, S. 241.
König und Diterici, „Ueber die Empfindlichkeit des normalen Auges für Wellenlängenunterschiede des Lichtes“, A. f. O. 30 II, S. 171.
I. v. Kries, „Die Gesichtsempfindungen“, Nagels Handbuch d. Physiol. III, S. 109—279.
I. v. Kries, „Ueber die Funktion der Netzhautstäbchen“, Z. Ps. 9, S. 96.
I. v. Kries, „Ueber Farbensysteme“, Z. Ps., Bd. 13, 1897, S. 241 und 473.
I. v. Kries, „Ueber einen Fall von einseitiger angeborener Deuteranomalie (Grünschwäche)“, Ztschr. f. Sinnesphysiol., Bd. 50, 1919, S. 137.
I. v. Kries und W. Nagel, „Ueber den Einfluss von Lichtstärke und Adaptation auf das Sehen der Dichromaten“, Z. Ps. 12, S. 28.
L. v. Kries und E. Schottelins, „Beitrag zur Lehre vom Farbengedächtnis“, Z. Ps. II 42, S. 192.
B. Kolbe, „Zur Analyse der Pigmentfarben“, A. f. O., Bd. 30, 1884, II. Abt., S. 1.
W. Kroll, „Ueber günstige Erfolge der Ausbildung des Farbensinnes“, Zentralbl. f. prakt. Augenheilkunde 1882, S. 357.
H. Kuhnt, „Ueber farbige Lichtinduktion“, A. f. O., Bd. 27 II, S. 1—32.
H. S. Langfeld, „Ueber die heterochrome Helligkeitsvergleichung“, Z. Ps. 53, S. 113 ff.
Lenz und Heine, „Ueber Farbensehen, besonders der Kunstmaler“, Jena 1907.
S. Loeb, „Ein Beitrag zur Lehre vom Farbengedächtnis“, Z. Ps. II 46, 1912, S. 83.
Lohmann, „Entoptische Erscheinungen“, Erg.- u. Reg.-Bd. des Handbuchs der Physiol. d. Menschen (Nagel) 1910.
E. Mach, „Analyse der Empfindungen“, III. Aufl., S. 53.
H. Magnus, „Untersuchungen über den Farbensinn der Naturvölker“, Jena 1880.
B. May, „Ein Fall totaler Farbenblindheit“, Z. Ps. II 42, S. 65.
A. Meinong, „Bemerkungen über den Farbenkörper und das Mischungsgesetz“, Z. Ps., Bd. 33, 1903.
A. Meisling, „Ueber die chemisch-physikalischen Grundlinien des Sehens“, Z. Ps. 1908, S. 229.

A. Messer, „Psychologie“ 1914, S. 78 ff.

E. Meumann, „Vorlesungen zur Einführung in die experimentelle Pädagogik und ihre psychologischen Grundlagen“, 2. Aufl., Leipzig 1916.

G. E. Müller, „Zur Psychophysik der Gesichtsempfindungen“, Z. Ps. 10, 1896, und Z. Ps. 14, 1897.

G. E. Müller, „Die Theorie der Gegenfarben und die Farbenblindheit“, 1. Kongr. f. Psych. 1904, S. 6 ff.

P. Müller, „Einige Beobachtungen über die sekund. Erregung nach kurzer Reizung des Sehorgans“, A. f. Psych., Bd. 14, S. 374.

J. J. Müller, A. f. O., Bd. 15 II, 1869, S. 248.

W. A. Nagel, „Fortgesetzte Untersuchungen zur Symptomatologie und Diagnostik der angeborenen Störungen des Farbensinnes“, Z. Ps. II, Bd. 41, S. 230 ff.

W. A. Nagel, „Zur Nomenklatur der Farbensinnstörungen“, Z. Ps. II, Bd. 42, S. 65.

Ostwald, „Beiträge zur Farbenlehre“, Abhandl. d. mathem. phys. Klasse der Königl. Sächs. Akademie der Wissenschaften Bd. 34, Nr. III.

Ostwald, „Der Farbenatlas“, Verl. Unesma, Leipzig.

Ostwald, „Die Farbenfibel“, Leipzig 1917.

Ostwald, „Mathematische Farbenlehre“, Leipzig 1918.

Ostwald, „Physikalische Farbenlehre“, Leipzig 1919.

R. Pauli, „Psychologisches Praktikum“, II. Aufl. 1920.

W. Peters, „Die Farbenempfindung der Netzhautperipherie bei Dunkeladaptation und konstanter subjektiver Helligkeit“, A. f. Psych. III (4), S. 354.

Pickler, „Hypothesenfreie Theorie der Gegenfarben“, Leipzig 1919.

Podestà, „Die Grundlinien der Ostwaldschen Farbenlehre in ophthalmologischer Bedeutung“, A. f. O., Jahrg. 1919.

C. Prantl, „Aristoteles über die Farben“.

Preyer, „Zur Theorie der Farbenblindheit“, Centralblatt für die medizinischen Wissenschaften, Jahrg. 1881, Nr. 1, S. 1.

Preyer, „Die Seele des Kindes“, 4. Aufl. 1895.

Preyer, „Farbenerscheinungen und Abstraktion der ersten Kindheit“, Z. Ps., Bd. 14.

Th. E. Püntmann, „Hell-Dunkeladaptation des Auges, des wichtigsten astron. Werkzeuges“, Mitt. der Vereinigung von Freunden der astron. und kosm. Physik, 28. Jahrg., Heft 1, 1918.

Püntmann, „Untersuchungen über Farbadaptation“, Diss. Münster 1919.

Purkinje, „Beobachtungen und Versuche zur Physiologie der Sinne“, I. E. Calwe, Prag 1823.

E. Raehlmann, „Ueber relativen und absoluten Mangel des Farbensinnes“, Ztschr. f. Augenheilkunde, Bd. II, S. 315 und 403.

E. Rühlmann, „Ueber Verhältnisse der Farbenempfindungen beim indirekten und direkten Sehen“, A. f. O., Bd. 20, 1874, I. Abt., S. 15.

Révész, „Ueber die Abhängigkeit der Farbenschwelle von der achromatischen Erregung“, Z. Ps. 41, S. 34.

A. Rollet, „Versuche über subjektive Farben“, P. A. Phys., Bd. 49, S. 1.

E. Rose, „Ueber die Farbenblindheit durch Genuss der Santoninsäure“, Virchows Archiv, Bd. 19, 20 und 28.

H. Schmidt, „Die Sinneswahrnehmungen der Kinder“, Beiträge zur Kinderforschung und Heilerziehung, Heft 69.

Seebeck, „Ueber den bei manchen Personen vorkommenden Mangel an Farbensinn", Pogg. Ann., Bd. 42.

O. Spengler, „Untergang des Abendlandes", München 1920.

Ph. Steffen, „Beiträge zur Pathologie des Farbensinnes", A. f. O., Bd. 27 II.

I. Stilling, „Ueber Entstehung und Wesen der Anomalien des Farbensinnes", Z. Ps. II 44, S. 371 ff.

Stumpf, „Tonpsychologie", Bd. I 1883, Bd. II 1890.

A. v. Tschermak, „Beobachtungen über die relative Farbenblindheit im indirekten Sehen", P. A. Psys., Bd. 82, S. 578.

A. v. Tschermak, „Hell-Dunkeladaptation des Auges und die Funktion der Stäbchen und Zapfen", Ergebnisse der Physiologie, 1. Jahrg., II. Abt., Wiesbaden 1902.

A. v. Tschermak, „Ueber das Verhältnis von Gegenfarbe, Kompensationsfarbe und Kontrastfarbe", Arch. f. d. ges. Physiol. 117, S. 487.

Vaughan, Z. Ps. II, Bd. 41, S. 399.

Lionardo da Vinci, „Traktat von der Malerei", übersetzt von I. E. Böhm, Nürnberg 1724.

M. v. Vintschgau, „Physiologische Analyse eines ungewöhnlichen Falles partieller Farbenblindheit", P. A. Phys., Bd. 48, S. 431.

H. Voeste, „Messende Versuche über die Qualitätsänderungen der Spektralfarben infolge von Ermüdung der Netzhaut", Z. Ps. 18. 1898.

O. Weise, „Die Farbenbezeichnungen der Indogermanen", Beiträge zur Kunde der indogermanischen Sprachen von Bezzenberger, II. Bd., 1877.

H. Westphal, „Unmittelbare Bestimmung der Urfarben", Z. Ps. II, Bd. 44, S. 182 ff.

W. Wirth, „Fortschritte auf dem Gebiete der Psychophysik der Licht- und Farbenempfindung", Bd. 1, 1903, S. 21—61 und Bd. 5, 1905, S. 1—41.

W. Wirth, „Psychophysik", Leipzig 1912.

Witasek, „Grdl. der Psychologie" 1908.

W. Wundt, „Die Empfindung des Lichtes und der Farben", Phil. Stud., Bd. 4, 1888, S. 238 ff.

W. Wundt, „Grdz. der Physiologischen Psychologie", 6. Aufl., II. Bd.

Anhang.

Abb. 21.

	Urgelb												Urrot											
	N-Reihe				J-Reihe				E-Reihe				N-Reihe				J-Reihe				E-Reihe			
	1	2	3	M	1	2	3	M	1	2	3	M	1	2	3	M	1	2	3	M	1	2	3	M
Nr. 1	02	06		04					02			02	31	29,5		30								
„ 2	04	05	08	06	07,5	05	05	06	04	03,5	05	04	24	29	21	25	22,5	21	22	22	27,5	26	29	28
„ 3	06	03	01	03	05	01,5	02	03	07	02,5		05	29	34	31	31	30,5	31	29	30	34,5	?		34,5
„ 4	04	05		04,5	03	03	04	03	03	01		02	32	29		30,5	26,5	26	27	26	?	31		31
„ 5	06	06	02	05	05	03		04	02			02	33	32	32	32,5	28	?		28	34			34
„ 6	05			05	05			05	03			02	29			29	27			27	27			27
„ 7	07	06	04	06	04,5	03	04	04	05	05,5		06	33	30	32	32	27	27	29,5	28	30	26,5	29	29
„ 8	05	04	05	05	09	03		06	06			06	26	28	25	26,5	25,5	27		26,5	32,5			32,5
„ 9	03	01	01	02	04	00	02	03	05	99	99	02	33	33	32	33	32,5	27	32	31	34	29	?	31
„ 10	03	07		05	06			06	05,5			06	28	32		30	30,5			30,5	34			34
„ 11	05	03	04	04	02	03	05	04	09	10		10	32	31	33	32	30	30	29	30	32	32		32
„ 12	02	05		04	00	02		01	01	98,5		00	29	26,5		28	28,5	23		26	28	25		26,5
„ 13		04	00	02	05	99	05	03	03	00		02		25	26	25,5	24	24	23,5	24	25	25		25
„ 14		02		02	02,5			02,5						29		29	29			29				
„ 15		02	05	03	02	03	04,5	03	03,5	02,5		03		30	33	31,5	24	22	26,5	24	26	26		26
„ 16+		02	01	02	01	02	04	02		05	02	03		33	30	32	22	29	30	29	29	30	27,5	29
„ 17			01,5	01,5	02,5	02,5		02,5	00			00		26,5	26,5	26	26	25,5		26	30,5			30,5
Gener. M-Werte				3,77				3,68				3,37				29,59				27,3				30,0

	Urblau												Urgrün											
	N-Reihe				J-Reihe				E-Reihe				N-Reihe				J-Reihe				E-Reihe			
	1	2	3	M	1	2	3	M	1	2	3	M	1	2	3	M	1	2	3	M	1	2	3	M
Nr. 1	54	57		55,5					58			58	82	84		83					81			81
„ 2	51	54	52	53		56,5	55,5	56	59,5	58,5	61,5	60	84	83	85	84	86	84,5	86	85,5	85	84	89	86
„ 3	56	56	55	56	59	57,5	56	57	62	63		62,5	84	85	84	84	87	84	86	86	89	89,5		89
„ 4	55	55		55	58,5	57,5	56	58		66		66	83	82		82,5	86	85		85,5	82,5	84		83
„ 5	54	55	55	55	57	55	53	55	62			62	82	82	83	82	86	86,5	84	86	87			87
„ 6	52			52	56			56	62			62	83			83	85			85	80			80
„ 7	52	53	56	54	60	54	59	57	?	66	64	65	83	83	83	83	85	83	83	83,5	83,5	86	83	84
„ 8	54	56	55	55	57	58		58	61,5			61,5	84	84	81	82	87	86,5		86,5	83			83
„ 9	54	55	57	55	60	54	56	57	61	64		62,5	80	84	80	81	86,5	85	83,5	84	89,5	84		87
„ 10	54	57		56	57			57	62	60		61	79	81		80	86			86	86	83		84,5
„ 11	55	51	52	52	54	51	55	53	62	63	63	63	80	83	82	82	90	?		?	87	87		87
„ 12	53	56	?	54	56	57		56,5	65	64		64,5	83	80		81.5	85	82		84	85,5	82,5		84
„ 13		59	61	60	62,5	63,5	59	61	65	66		65,5		84	83	83,5	90	?	83,5	86	86	89		87,5
„ 14		48		48	52			52						82		82	84,5			84,5				
„ 15	57	53	55	55	53,5	55,5	55	55	60,5	60		60	83	87	85	85	85	84,5	86	85	84,5	84,5		84,5
„ 16+		49	56	53	52	52	52,5	52	57	52		55		81	81	81	77	85	?	?	83	?	79	?
„ 17			53	53	56		53	54	58			58			83	83	86,5	84		85	90,5			90,5
Gener. M-Werte				54,3				55,9				61,6				82,5				85,2				85,2